

Precision Farming in der deutschen Landwirtschaft – eine GIS – gestützte Analyse

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Naturwissenschaften
an der Fakultät für Geowissenschaften
der Ruhr-Universität Bochum

vorgelegt von:
Diplom-Geographin Maike Reichardt

Gutachter:
Prof. Dr. Carsten Jürgens
Prof. Dr. Frank Dickmann
Prof. Dr. Bernhard Stöckhert

Bochum
September 2010

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	xii
Glossar	xiv
1 Problemstellung und Zielsetzung.....	1
2 Precision Farming – Stand der Technik.....	5
2.1 Definition	5
2.2 Verfahren und Komponenten	7
2.2.1 Datenerfassung	9
2.2.1.1 GPS und DGPS.....	9
2.2.1.2 GPS-Flächenvermessung.....	10
2.2.1.3 GPS-Bodenbeprobung	11
2.2.1.4 GPS - Ertragskartierung	13
2.2.1.5 Bodenleitfähigkeitsmessungen / EM 38.....	16
2.2.1.6 Fernerkundungsdaten	18
2.2.2 Datenverarbeitung im GIS	20
2.2.3 Applikationstechnik.....	21
2.2.3.1 Teilflächenspezifische Aussaat.....	21
2.2.3.2 Teilflächenspezifische Düngung	22
2.2.3.3 Onlineverfahren N-Sensor	23
2.2.3.4 Onlineverfahren MiniVeg N.....	25
2.2.3.5 Onlineverfahren Crop-Meter	26
2.2.3.6 Teilflächenspezifischer Pflanzenschutz	27
2.2.4 Parallelfahreinrichtungen und automatische Lenksysteme.....	29
2.2.5 LBS/ ISOBUS	30
2.3 Forschungsprojekt preagro	31
3 Precision Farming - Stand der Forschung.....	34
3.1.1 Nordamerika.....	34

3.1.2	Südamerika	39
3.1.3	Australien	42
3.1.4	Asien	43
3.1.5	Afrika	44
3.1.6	Europa.....	46
3.1.7	Zusammenfassende Darstellung	47
4	Diffusion von Innovationen	49
4.1	Diffusions- und Adoptionstheorien – Basiselemente und Faktoren	50
4.2	Verbreitung von Innovationen in der Landwirtschaft	58
5	Methodik	65
5.1	Grundlage der empirischen Untersuchung.....	65
5.2	Empirische Datenerhebung.....	66
5.2.1	Quantitative Interviews mit den Landwirten	66
5.2.2	Qualitative Interviews mit Nutzern verschiedener Precision Farming Techniken.....	72
5.2.3	Telefoninterviews mit den verschiedenen Akteursgruppen in der deutschen Landwirtschaft.....	74
5.3	Datenauswertung.....	76
5.3.1	Statistische Datenauswertung	76
5.3.2	GIS – gestützte multitemporale Datenauswertung	78
6	Ergebnisse.....	80
6.1	Akzeptanzsituation von Precision Farming in Deutschland aus Sicht der deutschen Landwirte	80
6.1.1	Eigenschaften der Interviewten Landwirte (Ergebnisse der quantitativen Interviews).....	80
6.1.2	Eigenschaften der Interviewten Landwirte (Ergebnisse Experteninterviews).....	110
6.1.3	Akzeptanzmuster für die Anwendung und Verbreitung von Precision Farming Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland	116
6.1.4	Raumzeitliche Verbreitungsmuster von Precision Farming in Deutschland	130

6.1.4	Akzeptanzhemmnisse und Vorbehalte gegenüber Precision Farming	150
6.1.5	Praxisprobleme beim Einsatz von Precision Farming	154
6.1.6	Zukünftige Perspektiven von Precision Farming in Deutschland - Voraussetzungen zur Überwindung bestehender Akzeptanzhemmnisse	171
6.2	Einschätzung der landtechnischen Industrie zur Akzeptanz von Precision Farming Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland	190
6.2.1	Aktuelle Verbreitung von Precision Farming in Deutschland aus Sicht der landtechnischen Industrie.....	191
6.2.2	Zukunftsaussichten für Precision Farming in Deutschland	195
6.3	Precision Farming in der Ausbildung zum Landwirt an Berufs- und Fachschulen.....	196
6.3.1	Die Ausbildungssituation im Bereich Precision Farming an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen	196
6.3.2	Kriterien für eine Verbesserung der schulischen Ausbildung im Bereich Precision Farming	201
6.4	Precision Farming als Bestandteil der landwirtschaftlichen Offizialberatung	202
7	Precision Farming in Deutschland – aktuelle Situation.....	207
7.1	Akzeptanzmuster und -hemmnisse	208
7.2	Räumliche Diffusion von Precision Farming.....	227
8	Perspektiven von Precision Farming in Deutschland.....	231
9	Zusammenfassung	237
10	Literaturverzeichnis	239
	Anhang A – Abbildungen und Tabellen	I
	Anhang B – Fragebögen.....	X
	Danksagung.....	XLV
	Eidesstattliche Erklärung	XLVI

Lebenslauf	XLVII
-------------------------	--------------

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Übersicht zu Precision Agriculture.....	6
Abbildung 2.2: Strategien der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung.....	8
Abbildung 2.3: Aufbau des DGPS-Systems	10
Abbildung 2.4: Beprobungsstrategien bei heterogenen (links) bzw. homogenen (rechts) Flächen	12
Abbildung 2.5: Aktuelle Beprobungsstrategien.....	13
Abbildung 2.6: System der Ertragskartierung und mögliche Fehlerquellen	14
Abbildung 2.7: Sensoren zur Ertragskartierung beim Mähdrusch	15
Abbildung 2.8: Funktionsprinzip des EM 38	17
Abbildung 2.9: Ergebniskarte zur elektrischen Leitfähigkeit des Bodens	18
Abbildung 2.10: EM 38 hinter einem Beprobungsfahrzeug	18
Abbildung 2.11: Luftbild mit deutlich erkennbaren Standortunterschieden innerhalb des rechten Ackerschläges	19
Abbildung 2.12: Erstellung einer Applikationskarte für die Stickstoffdüngung ..	21
Abbildung 2.13: Funktionsweise einer Sämaschine für teilflächenspezifische Aussaat.....	22
Abbildung 2.14: Funktionsprinzip eines Zentrifugaldüngerstreuers mit elektronischer Regulierung der Ausbringmenge.....	23
Abbildung 2.15: Yara N-Sensor	23
Abbildung 2.16: Angepasste Düngemengen	24
Abbildung 2.17: Mini-Veg N	25
Abbildung 2.18: Crop-Meter	26
Abbildung 2.19: Funktionsweise des Pendelsensors	27
Abbildung 2.20: Ergebniskarte zur Pflanzenmassekartierung mit dem Pendelsensor.....	27
Abbildung 2.21: Funktionsweise einer Pflanzenschutzspritze mit Jobrechner .	29
Abbildung 2.22: Parallelfahreinrichtung, Leuchtbalken mit LED zur Anzeige der richtigen Fahrspur	29
Abbildung 2.23: Projektstruktur von preagro II	33
Abbildung 3.1: Dienstleistungsangebot der US amerikanischen Land- händler zu Precision Farming	35

Abbildung 3.2: Einsatz von Parallelfahreinrichtungen und automatischen Lenksystemen	36
Abbildung 3.3: Prozentualer Anteil der durch Precision Farming abgedeckten Flächen	38
Abbildung 4.1: Adoptorkategorien und Diffusionsphasen.....	51
Abbildung 4.2: Profile der Diffusionswellen nach Hägerstrand	52
Abbildung 4.3: Parallelisierung von Adoptorkategorien und Diffusionsphasen.....	53
Abbildung 4.4: Fünf-Phasen-Model des Innovation-Decision-Process.....	55
Abbildung 4.5: Mittleres Informationsfeld im Diffusionsmodell von Hägerstrand	56
Abbildung 4.6: Der Einfluss von Nachbarschafts- und Hierarchieeffekten auf den Diffusionsprozess bei unterschiedlichen räumlichen Ebenen nach HÄGERSTRAND	57
Abbildung 4.7: Technology Acceptance Model	58
Abbildung 4.8: Zunahme der Flächenanteile von Hybridreis in Asien, 1965-77	61
Abbildung 4.9: Weltweite Verbreitung genetisch veränderter Pflanzen.....	62
Abbildung 5.1: Übersicht über die verschiedenen Interviewgruppen.....	68
Abbildung 5.2: Übersicht über die verschiedenen Befragungsgruppen mit den wichtigsten gruppenspezifischen Fragen.....	69
Abbildung 5.3: Vergleich der Ergebnisse der offiziellen DLG Umfrage mit der eigenen Untersuchung anhand der Betriebsgrößenklassen (2001).....	72
Abbildung 6.1: Prozentualer Anteil der interviewten Landwirte pro Bundesland, aufgeführt nach Umfragejahren für die Untersuchung auf der Agritechnica Messe	81
Abbildung 6.2: Prozentualer Anteil der interviewten Landwirte pro Bundesland für die DLG-Feldtage 2006	82
Abbildung 6.3: Prozentualer Anteil der interviewten Landwirte an den Befragungsgruppen	83
Abbildung 6.4: Altersstruktur der interviewten Landwirte, aufgelistet nach Interviewgruppen und Umfragejahren	85
Abbildung 6.5: Prozentuale Anteile der Berufsgruppen an den verschiedenen Interviewgruppen, aufgeführt nach Umfragejahren.....	88

Abbildung 6.6: Informationsquellen zu Precision Farming	90
Abbildung 6.7: Verbreitung neuer Technologien bei den Landwirten	93
Abbildung 6.8: Einsatzbereiche des Computers.....	94
Abbildung 6.9: Einsatzbereiche des Palms	96
Abbildung 6.10: Durchschnittliche Betriebsgröße in den Interviewgruppen	98
Abbildung 6.11: Durchschnittliche Schlaggröße der Interviewgruppen	99
Abbildung 6.12: Prozentuale Verteilung der Interviewgruppen auf die unterschiedlichen Betriebsformen	101
Abbildung 6.13: Prozentualer Anteil der reinen Pflanzenproduzenten pro Umfragejahr	103
Abbildung 6.14: Prozentualer Anteil der von den Landwirten genutzten Dienstleistungen je Interviewgruppe	104
Abbildung 6.15: Einsatzbereiche von Lohnunternehmern oder Maschinen- ringen	106
Abbildung 6.16: Einschätzungen der Landwirte zur eigenen betrieblichen Zukunft.....	107
Abbildung 6.17: Räumliche Verteilung der interviewten Experten.....	111
Abbildung 6.18: Betriebsgrößen der interviewten Experten, Angabe in Größenklassen	115
Abbildung 6.19: Prozentuale Verteilung, der durch die Interviewgruppe F genutzten Precision Farming Methoden	117
Abbildung 6.20: Prozentuale Verteilung, der durch die Experten genutzten Precision Farming Methoden.....	117
Abbildung 6.21: Anteil der Landwirte, die Parallelfahrssysteme oder automatische Lenksysteme nutzen	119
Abbildung 6.22: Reihenfolge der Methoden, welche in Zukunft zusätzlich zu den bisherigen eingeführt werden sollen	121
Abbildung 6.23: Ursachen für die ausschließliche Nutzung erfassender Methoden.....	122
Abbildung 6.24: Einstiegszeitpunkt in die verschiedenen Precision Farming Methoden (Untersuchungsergebnisse 2001 bis 2007)	125
Abbildung 6.25: Motivation zur Einführung von Precision Farming	126
Abbildung 6.26: Motivation der Experten Precision Farming einzuführen	127

Abbildung 6.27: Prozentuale Verteilung der Landwirte in Interviewgruppe F pro Bundesland	131
Abbildung 6.28: Räumliche Verbreitungsmuster der Interviewgruppe F, modelliert anhand der Methode Simple Density	133
Abbildung 6.29: Räumliche Verbreitungsmuster der Interviewgruppe F, modelliert anhand der Methode der Kernel Density	134
Abbildung 6.30: Verteilungsdichte der Landwirte in Interviewgruppe F und Betriebsstandorte der Interviewgruppe E	136
Abbildung 6.31: Prozentuale Verteilung der Landwirte in Interviewgruppe E auf die Bundesländer, aufgelistet nach den Untersuchungszeit- punkten.....	138
Abbildung 6.32: Verteilungsdichte der Landwirte in Interviewgruppe F und Betriebsstandorte der Interviewgruppe D	139
Abbildung 6.33: Prozentuale Verteilung der Landwirte in Interviewgruppe D auf die Bundesländer, aufgelistet nach den Untersuchungszeit- punkten.....	140
Abbildung 6.34: Räumliche Verbreitung von Precision Farming unter- schieden nach Daten erfassenden Methoden und VR Technologien ..	142
Abbildung 6.35: Verbreitungsmuster der Landwirte in Interviewgruppe F, die Daten erfassende bzw. VR Technologien nutzen	143
Abbildung 6.36: Einstiegszeitpunkt für Precision Farming	144
Abbildung 6.37: Einstiegszeitpunkte für die verschiedenen Precision Farming Methoden	146
Abbildung 6.38: Gebiete mit hoher Verbreitungsdichte von Precision Farming vor dem Hintergrund der topographischen Karte von Deutschland.....	149
Abbildung 6.39: Akzeptanzhemmnisse gegenüber Precision Farming bei den Interviewgruppen C und D	151
Abbildung 6.40: Voraussetzungen für die Einführung von Precision Farming, wichtigste Antworten der Interviewgruppen C und D	152
Abbildung 6.41: Voraussetzungen für die Einführung von VR Technolo- gien, Antworten der Interviewgruppe F	153
Abbildung 6.42: Bewertung der Computer- und Landtechnik durch die Interviewgruppe F	156

Abbildung 6.43: Durchführung der Datenauswertung	158
Abbildung 6.44: Zufriedenheit über die Nutzung von Precision Farming, Meinungen der Landwirte in Interviewgruppe F	172
Abbildung 6.45: Konnten Sie einen finanziellen Vorteil durch Precision Farming erwirtschaften? Antworten der Interviewgruppe F	173
Abbildung 6.46: Einsparung/Gewinn in Euro pro Hektar durch den Einsatz von Precision Farming	174
Abbildung 6.47: Ursachen für die finanziellen Vorteile von Precision Farming	175
Abbildung 6.48: Ursachen für die bestehenden Akzeptanzhemmnisse gegenüber Precision Farming (Aussagen der Industrie)	194
Abbildung 6.49: Bereiche, in denen weiterhin Entwicklungsbedarf besteht ...	196
Abbildung 6.50: Räumliche Verteilung der interviewten Schulen	198
Abbildung 6.51: Informationsquellen, mit denen sich die Lehrer über Precision Farming informiert haben	199
Abbildung 6.52: Zeitpunkt, seit wann die Schulen im Precision Farming Bereich ausbilden	200
Abbildung 6.53: Voraussetzungen zur Verbesserung der Ausbildung zu Precision Farming an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen..	202
Abbildung 6.54: Räumliche Verteilung der interviewten Berater	203
Abbildung 6.55: Ursachen für das geringe Interesse der Landwirte an Precision Farming nach Einschätzung der Berater.....	205
Abbildung 6.56: Schwachstellen im Precision Farming System, Aussage der Berater.....	206
Abbildung 7.1: Global Adoption of precision farming practices	208
Abbildung 7.2: Entwicklung der Preisindizes für Getreide und ausgewählte Betriebsmittel.....	212
Abbildung 7.3: Agrarstruktur in Deutschland 2007	221

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Anzahl der in Argentinien eingesetzten Precision Farming Technologien in Geräteinheiten.....	40
Tabelle 3.2: Verbreitung von Precision Farming Technologien in Brasilien	41
Tabelle 4.1: Die Verbreitung des Anbaus von Hybridmais in zwei Gemeinden des Staates Iowa / USA	60
Tabelle 4.1: Stichprobenumfang der Messeinterviews zu den verschiedenen Befragungszeitpunkten	71
Tabelle 5.2: Ergebnisse des Wald-Wolfowitz-Tests zur Prüfung der Verteilungsgleichheit der Betriebsgrößenklassen zwischen der eigenen Untersuchung und der offiziellen DLG-Umfrage	71
Tabelle 6.1: Stichprobenumfang und Stichprobenzusammensetzung in absoluten und in relativen Zahlen.....	83
Tabelle 6.2: Ergebnisse des χ^2 -Tests: Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen in der Altersstruktur	86
Tabelle 6.3: Ergebnisse des χ^2 -Tests: Unterschiede im Bildungsgrad der Interviewgruppen	89
Tabelle 6.4: Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN zwischen den Interviewgruppen und der Anzahl der verwendeten Informations- quellen	91
Tabelle 6.5: Ergebnisse des Scheffé-Tests zur Feststellung signifikanter Differenzen in der Betriebsgröße zwischen den Interviewgruppen	97
Tabelle 6.6: Mittelwerte für die Spanne zwischen höchster und niedrigster Ackerzahl aufgelistet nach Untersuchungsgruppen und Umfrage- jahren	100
Tabelle 6.7: Ergebnisse des χ^2 -Tests zwischen den Variablen Interview- gruppe und Erwerbsform	102
Tabelle 6.8: Ergebnisse der χ^2 -Tests für die Untersuchungsvariablen Interviewgruppen und Wirtschaftszweig	103
Tabelle 6.9: Ergebnisse des χ^2 -Tests für die Untersuchungsvariablen Interviewgruppe und Einschätzung der eigenen betrieblichen Zukunft.....	109

Tabelle 6.10: Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN zwischen den Variablen Betriebsgröße und Zukunftsfähigkeit	109
Tabelle 6.11: Alter der interviewten Experten.....	110
Tabelle 6.12: Bildungsgrad der interviewten Experten	112
Tabelle 6.13: Durchschnittliche Schlaggröße der Betriebe aufgelistet nach Größenklassen	115
Tabelle 6.14: Heterogenität der Betriebsflächen, Spanne zwischen höchster und niedrigster Ackerzahl	116
Tabelle 6.15: Anteil der Landwirte in Interviewgruppe F, die ausschließlich Daten erfassende Methoden bzw. bereits VR Technologien nutzen ...	120
Tabelle 6.16: Ergebnis der Clusteranalyse auf Basis der Betriebsstandorte der Interviewgruppe F für den Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007	135
Tabelle 6.17: Praxisprobleme beim Umgang mit Precision Farming.....	155
Tabelle 6.18: Zusammenhang zwischen Nutzungsdauer und Bewertung der Bedienungsfreundlichkeit der Computertechnik	157
Tabelle 6.19: Zusammenhang zwischen Nutzungsdauer und Bewertung der Bedienungsfreundlichkeit der Landtechnik	157
Tabelle 6.20: Zusammenhang zwischen Zufriedenheit mit Precision Farming und der Höhe des Einspareffektes durch Precision Farming.....	174
Tabelle 7.1: Altersstruktur vollbeschäftigter landwirtschaftlicher Betriebsinhaber im Zeitvergleich.....	216

Glossar

Arc GIS	GIS – Software der Firma ESRI
Autotrack	andere Bezeichnung für automatische Lenksysteme
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CAN – BUS	Controlled-Area-Network BUS (Binary Unit System). Bezeichnung für ein von der Firma Bosch entwickeltes und häufig genutztes serielles BUS-System
Cross Compliance	Die Bindung der EU-Agrarzahlungen an Verpflichtungen im Umweltschutz, bei der Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit, bei Tiergesundheit und im Tierschutz wird als "Cross-Compliance" bezeichnet
CTF	Controlled Traffic Farming, Fahrspuren und Wachstumsraum werden mit permanent eingerichteten Fahrgassen konsequent voneinander getrennt
(D)GPS	(Differentielles) Globales Positionierungssystem. Bezeichnung für ein satellitengestütztes Ortungssystem
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
Drillen	Ausbringung von Saatgut in Reihen
EM38	Gerät zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik auf EU-Ebene
GNSS	Global Navigation Satellite System, Globales Navigationssatellitensystem
GIS	Geographisches Informationssystem
ICT	Information Communication Technology, Informations- und Kommunikationstechnologien
IT	Informationstechnologien
ISOBUS	Bezeichnung für ein landwirtschaftliches BUS-System nach der internationalen Norm ISO 11783, gewährleistet die Kommunikation zwischen den verschiedenen Maschinenkomponenten
LBS	Landwirtschaftliches BUS System, Standardisiertes elektronisches Kommunikationssystem zur Verbindung von Traktoren und Arbeitsgeräten nach der DIN 9684,

	2-5, Vorgänger vom ISOBUS
N-Tester	Gerät zur Kalibrierung des N-Sensors, misst den Chlorophyllgehalt der Blätter
PDA	Personal Digital Assistant, Handcomputer
SPSS	Statistiksoftware
Triticale	Getreideart, Kreuzung zwischen Weizen und Roggen
VR Technologien	Variable Rate Technologies, Sammelbegriff für alle Precision Farming Methoden, die eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung der Flächen ermöglichen, zu diesen Methoden zählen die variable Stickstoffdüngung, die variable Grunddüngung, Methoden des variablen Pflanzenschutz und die variable Aussaat

1 Problemstellung und Zielsetzung

Die moderne landwirtschaftliche Produktion in Deutschland wird maßgeblich bestimmt durch die vorhandenen Wettbewerbsbedingungen der Weltmärkte, die Vorgaben der EU-Agrarpolitik und die Anforderungen von Verbrauchern und der Lebensmittelindustrie. Die zunehmende Liberalisierung der Weltmärkte für Agrarprodukte und der damit einher gehende grundlegende Systemwechsel in der EU Agrarpolitik hat mit Inkrafttreten der EU-Agrarreform 2005 zu einer deutlichen Verschärfung der Wettbewerbsbedingungen für Landwirte in der EU geführt (BREKER 2005). Seit 2005 wurden die bisherigen produktbezogenen Flächenprämien durch die Zahlung einer von der Produktion abgekoppelten finanziellen Direktbeihilfe ersetzt, welche an die Erfüllung bestimmter Auflagen im Bereich des Umwelt- und Tierschutzes, der Tierkennzeichnung sowie der Lebensmittelsicherheit gebunden ist. Durch das Wegfallen der produktbezogenen Flächenprämien richten sich die Preise für Agrarprodukte zunehmend nach den vorhandenen Angebots- und Nachfrageverhältnissen auf den Weltmärkten (BREKER 2005). Da hinsichtlich der Verteilung der Kaufkraft derzeit ein Überangebot an landwirtschaftlichen Produkten besteht, bedeutet dies für den Landwirt, dass er sich mittelfristig auf niedrige und zum Teil sinkende Preise für seine Produkte einstellen muss. Zudem konzentriert sich die vorhandene Kaufkraft derzeit auf wenige nationale und internationale Lebensmittelhandelsketten, welche zusätzlich Einfluss auf die Preisentwicklung für Agrarprodukte nehmen. Gleichzeitig zeichnet sich ab, dass sich die Produktionskosten aufgrund der seit einigen Jahren steigenden Energiepreise und der steigenden Kosten für Mineraldünger kontinuierlich erhöht haben. Infolge dieser veränderten Wettbewerbsbedingungen setzt sich der Strukturwandel in der deutschen Landwirtschaft weiter fort (HASERT 2003). Dies betrifft besonders die kleinen landwirtschaftlichen Familienbetriebe, welche dem Preisdruck des Weltmarktes nicht Stand halten können. Seit 1990 hat sich daher die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe (Betriebe mit 2 ha und mehr) um 36 % (von 541380 Betrieben 1990 auf 349000 Betriebe 2007) verringert. Im gleichen Zeitraum ist die durchschnittliche Flächengröße der Betriebe von 31 ha (1991) auf 48,5 ha (2007) gestiegen (MAUL ET AL. 2008; HEMMERLING ET AL. 2009a).

Mit Zunahme der durchschnittlichen Flächen- und Betriebsgröße wird es für den Landwirt immer schwieriger, sich die standortspezifischen Unregelmäßigkeiten seiner Flächen einzuprägen, um entsprechende Maßnahmen in den einzelnen Arbeitsgängen positionsgetreu ergreifen zu können. Hinzu kommt, dass bei zunehmender Flächengröße die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Standortunterschieden zunimmt, was sich in Form von zeitlichen und räumlichen Variabilitäten innerhalb der einzelnen Schläge äußert (EHLERT 1998).

Darüber hinaus stellen Politik und Gesellschaft neue zusätzliche Anforderungen an die moderne Landwirtschaft. Während früher die Aufgabe der Landwirtschaft fast ausschließlich darin bestand, die Bevölkerung ausreichend mit Lebensmitteln zu versorgen, ist ein wichtiges Ziel der heutigen modernen Landwirtschaft die umweltgerechte und Ressourcen schonende Produktion von Nahrungsmitteln (HASERT 2003). Ferner formulieren Verbraucher und Lebensmittelindustrie zunehmend erhöhte Ansprüche an die Produktqualität und die Produktsicherheit. Um einerseits den veränderten Marktbedingungen und den damit verbundenen strukturellen Veränderungen zu entsprechen und andererseits die von Politik, Verbrauchern und Lebensmittelindustrie formulierten Auflagen erfüllen zu können, ist eine Umstellung und Weiterentwicklung der bisherigen Produktionsprozesse erforderlich (HASERT 2003).

Eine Möglichkeit, diesen neuen Anforderungen an eine nachhaltige Landwirtschaft und eine hohe Produktsicherheit gerecht zu werden und dennoch unter ökonomischen Gesichtspunkten erfolgreich zu sein, bieten die seit Anfang bis Mitte der 1990er Jahre in den Ackerbau eingeführten Precision Farming Technologien. Durch die Bereitstellung des GPS-Signals für zivile Nutzungen wurde es möglich, räumlich und zeitlich auftretende Variabilitäten in Ackerschlägen präzise zu erfassen und bei der anschließenden Bewirtschaftung gezielt zu berücksichtigen. Der Einsatz von Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln kann mit Hilfe dieser GPS-basierten Technologie an den vorhandenen Standortbedingungen und am Bedarf der Pflanze ausgerichtet werden. Durch diese angepasste Bewirtschaftung kann der Landwirt seine Produktionskosten senken, Ertragsmenge und -qualität steigern und die Belastung von Gewässern und Böden minimieren. Des Weiteren bietet diese Technologie aufgrund der automatischen Prozessdatenerfassung dem Landwirt eine lückenlose Dokumentation

seiner Arbeitsgänge und erfüllt damit wichtige Voraussetzungen für die von Verbraucher und Lebensmittelindustrie geforderte Produktsicherheit und Rückverfolgbarkeit innerhalb der Wertschöpfungskette von Lebensmitteln.

Trotz dieser Vorteile hat sich Precision Farming im Vergleich zu anderen technischen Neuerungen in der Landwirtschaft bisher nur sehr langsam verbreitet und ist deutlich hinter den ursprünglichen Erwartungen der Industrie zurückgeblieben. Die meisten Nutzer von Precision Farming Technologien sind nach wie vor in den USA zu finden, wo sich Precision Farming zuerst verbreitet hat (GRIFFIN ET AL. 2004). In Europa wird diese Technologie bisher nur von einem kleinen Teil der Landwirte genutzt, wobei es deutliche regionale Unterschiede gibt. In England, Dänemark und Schweden hat sich Precision Farming vergleichsweise schnell verbreitet. Hingegen ist die bisherige Verbreitung dieser Technologie in Deutschland und Frankreich offenbar sehr langsam (BLACKMORE ET AL. 2006).

Vor diesem Hintergrund geht die vorliegende Arbeit der Frage nach, welche Akzeptanzmuster gegenwärtig für die Verbreitung von Precision Farming in Deutschland vorliegen und welche zukünftigen Entwicklungsperspektiven zu erwarten sind. Die Arbeit verfolgt dabei folgende drei Teilziele:

- Die existierenden Akzeptanzmuster von Precision Farming in Deutschland sollen im Detail erfasst werden. Durch einen Vergleich mit anderen Akzeptanzstudien und mittels der Anwendung von Diffusionstheorien auf den Verbreitungsprozess von Precision Farming soll untersucht werden, welche Faktoren im Einzelnen zu den vorliegenden Akzeptanzmustern geführt haben und welchen modelltheoretischen Vorstellungen der Diffusionsprozess von Precision Farming in Deutschland entspricht.
- Die existierenden Akzeptanzhemmnisse gegenüber Precision Farming sowie bestehende Probleme beim Praxiseinsatz dieser Technologie sollen identifiziert werden.
- Aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen sollen Kriterien und mögliche Entwicklungsperspektiven für eine zukünftige Verbreitung von Precision Farming in Deutschland erarbeitet werden.

Für die Bearbeitung wird in der vorliegenden Arbeit folgende Vorgehensweise gewählt: Eingangs wird anhand der einführenden Kapitel *Precision Farming – Stand der Technik*, *Precision Farming – Stand der Forschung* und *Diffusion von Innovationen* der thematische und modelltheoretische Kontext der Arbeit aufgezeigt. Im darauf folgenden fünften Kapitel werden die der empirischen Untersuchung zugrunde liegenden Annahmen formuliert und die methodische Vorgehensweise der Datenerhebung und -auswertung erläutert. Im sechsten Kapitel sind die Ergebnisse der statistischen und GIS-gestützten Auswertung sowie die der qualitativen Untersuchungen aufgeführt. Die Ergebnisse beruhen auf quantitativen und qualitativen Interviews mit Landwirten sowie mit anderen Akteursgruppen aus der Landwirtschaft (Lehrer landwirtschaftlicher Berufs- und Fachschulen, landwirtschaftliche Berater und Vertreter der landtechnischen Industrie). Im darauffolgenden siebten Kapitel werden die Ergebnisse vor dem Kontext der vorgestellten Diffusionstheorien und im Vergleich zu den Ergebnissen anderer nationaler sowie internationaler Akzeptanzstudien zu Precision Farming diskutiert. Dabei sollen die relevanten Faktoren für den bisherigen Diffusionsprozess von Precision Farming in der deutschen Landwirtschaft herausgestellt werden. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse werden im achten Kapitel die zukünftigen Perspektiven von Precision Farming in Deutschland aufgezeigt. Die Arbeit schließt mit einem zusammenfassenden Fazit.

Mit der durchgeführten Untersuchung soll ein Beitrag zur Förderung nachhaltiger Technologien in der konventionellen landwirtschaftlichen Praxis geleistet werden. Die detaillierte Erfassung der bestehenden Akzeptanzmuster zur Verbreitung von Precision Farming Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland bietet hierfür eine Ausgangsbasis, auf deren Grundlage die Weiterentwicklung der Technologie, die Entwicklung von Beratungs-, Ausbildungskonzepten und von Handlungsempfehlungen für die Politik abgeleitet werden können.

2 Precision Farming – Stand der Technik

2.1 Definition

Precision Farming wird definiert als ein umfassender Systemansatz zum teilflächenspezifischen Management zeitlich und räumlich auftretender Variabilitäten in Ackerschlägen, mit dem Ziel Kosten einzusparen und negative Umwelteinflüsse zu minimieren (BLACKMORE ET AL. 2003). Dieser Systemansatz umfasst alle Schritte von der positionsgenauen Datenerfassung, über die Datenprozessierung bis hin zu der auf den Ergebnissen der Datenauswertung beruhenden Durchführung pflanzenbaulicher Maßnahmen (FOUNTAS ET AL. 2005). Die wesentliche Grundlage dieser Technologie ist eine Kombination aus satellitengestützten Positionierungs- und Geoinformationssystemen wie auch Neuentwicklungen in den Bereichen Sensortechnik und Maschinensteuerung (RÖSCH ET AL. 2007).

Anstelle der herkömmlichen schlageinheitlichen Wirtschaftsweise, die sich an der durchschnittlichen Ertragserwartung orientiert, wird beim Precision Farming die Heterogenität von Ackerschlägen berücksichtigt. Diese Idee ist grundsätzlich nicht neu: Schon vorher haben Landwirte versucht, die Heterogenitäten ihrer Flächen in die Bewirtschaftung mit einzubeziehen. Mit Hilfe der manuellen Verstelleinrichtung an den Landmaschinen oder durch Änderung der Fahrgeschwindigkeit war es möglich, die Ausbringung von Dünge-, Pflanzenschutzmittel und Wachstumsreglern zu variieren. Diese Arbeitsweise setzt jedoch viel Erfahrung und eine genaue Kenntnis der Flächen voraus. Mit Zunahme der durchschnittlichen Flächen- und Betriebsgrößen, der Durchführung von Arbeiten durch Lohnunternehmer oder des Einsatzes wenig erfahrener Arbeitskräfte kann die Arbeit nicht mehr derartig erfahrungsbasiert durchgeführt werden wie bisher. Hier können Precision Farming Technologien durch das Erfassen von Ackerschlaginformationen helfen, eine präzise teilflächenspezifische Bewirtschaftung auch unter derartig geänderten Betriebsbedingungen zu ermöglichen (WERNER 2004; STAFFORD 2000).

Precision Farming verfolgt dabei das Ziel, die Pflanzenproduktion hinsichtlich der Kriterien des modernen integrierten Pflanzenbaus zu optimieren. Durch die an den Standort angepasste Wirtschaftsweise können Betriebsmittel eingespart, die Ertragsleistung und -qualität verbessert und der Eintrag umweltschäd-

licher Substanzen reduziert werden (STAFFORD 2000; WERNER 2004; LUDOWICY ET AL. 2002).

Eine wesentliche Voraussetzung hierfür ist die Möglichkeit der genauen Positionsbestimmung mittels GPS. Mit der Inbetriebnahme der letzten von 24 Satelliten im All wurde 1993 die Voraussetzung für die Nutzung des Globalen Positionierungssystem NAVSTAR-GPS geschaffen (LUDOWICY ET AL. 2002). Auf dieser Grundlage und durch die enormen Fortschritte im Bereich der mobilen Computer und geographischen Informationssysteme ist es möglich geworden, räumliche Informationen in Ackerschlägen zu erfassen, diese auszuwerten und die gewonnenen Erkenntnisse bei der anschließenden Bewirtschaftung lagegenau zu berücksichtigen.

Der Begriff *Precision Farming* fasst die Methoden und Technologien der informationsgeleiteten Pflanzenproduktion (Ackerbau und Grünlandbewirtschaftung) zusammen. Ähnliche Entwicklungen gibt es auch für die anderen Produktionsbereiche der Landwirtschaft (vgl. Abbildung 2.1): Precision Livestock Farming für den Bereich der Tierproduktion, Precision Horticulture für den Bereich Obst- und Gartenbau und Precision Viniculture für den Bereich Weinbau (WERNER 2004; AUERNHAMMER 2002). In dieser Arbeit wird ausschließlich auf die Verbreitung und Anwendung von Precision Farming Technologien im Ackerbau in Deutschland eingegangen.

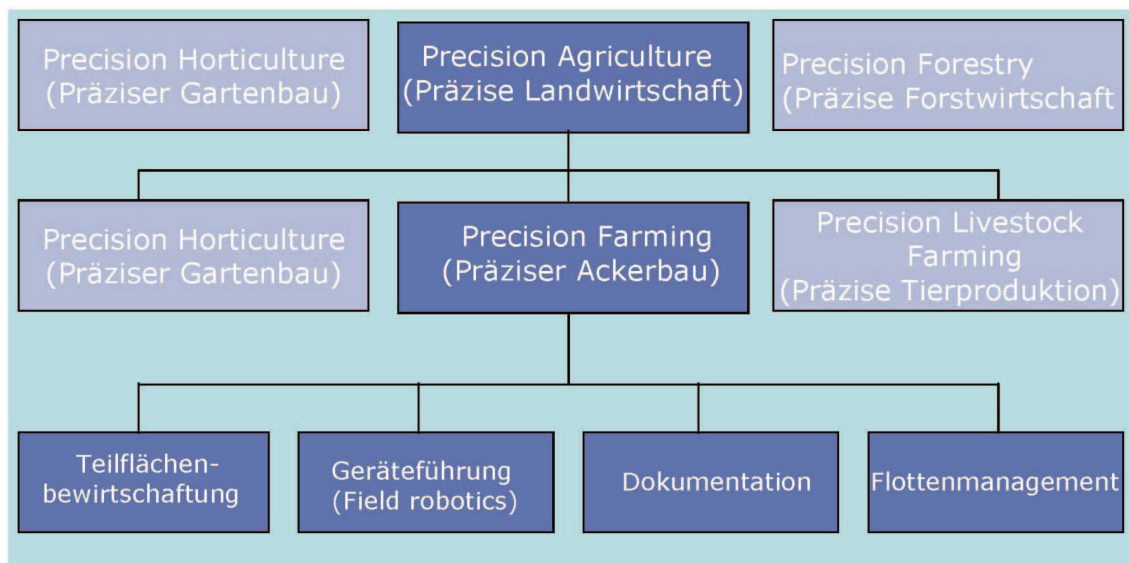


Abbildung 2.1: Übersicht zu Precision Agriculture

Quelle: (AUERNHAMMER 2002, S. 3)

2.2 Verfahren und Komponenten

Precision Farming ist die standortangepasste Bewirtschaftung von Ackerschlägen. Hierfür werden die Ackerschläge nach ihren Standortunterschieden in Teilflächen bzw. sogenannte Management Units unterteilt und die Bewirtschaftung an die vorhandenen Standortbedingungen angepasst. Voraussetzung für diese Art der Bewirtschaftung ist neben der genauen Verortung die Erfassung und Verarbeitung großer Datenmengen. Daher sind die grundsätzlichen Arbeits- und Verfahrensschritte beim Precision Farming zunächst die räumliche Datenerfassung, darauf aufbauend die Datenverarbeitung und in einem weiteren Schritt die Umsetzung der gewonnenen Informationen in der Fläche mit Hilfe verschiedener Applikationsverfahren (vgl. Abbildung 2.1). Weitere Methoden, die dem Precision Farming zugeordnet werden, sind das Flottenmanagement und die Feldrobotik (AUERNHAMMER 2002; RÖSCH ET AL. 2007).

Je nach Art der verwendeten Informationsquelle und dem Zeitbezug zwischen Datenerhebung und Umsetzung in Form von Bewirtschaftungsmaßnahmen wird beim Precision Farming zwischen drei Verfahren unterschieden: den Kartieransatz (mapping approach oder Offlineverfahren), den Sensoransatz (sensor approach, auch Onlineverfahren) und den Sensoransatz mit Kartenüberlagerung (Realtime Sensor Approach with Map-Overlay) (LUDOWICY ET AL. 2002). Einen Überblick über alle drei Verfahren bietet die Abbildung 2.2.

Beim Kartieransatz „erfolgen die Erfassung, die Analyse und die Übersetzung von Boden- und Bestandesparameter in teilflächenspezifische Maßnahmen in zeitlich und räumlich getrennten Schritten“ (HERBST 2004a, S. 13). Bei diesem Ansatz werden zunächst teilflächenspezifische Daten über die Ackerschläge erhoben. Die erhobenen Daten werden anschließend korrigiert, analysiert und in einer sogenannten Faktorkarte zusammengetragen. Faktorkarten fassen Teilflächen mit gleichen Standorteigenschaften zusammen, hierfür wird der Ackerschlag am Computer in kleine geocodierte Rasterzellen unterteilt. Die zuvor gesammelten Pflanzen- und Standortparameter (Ertragswerte, Kennwerte chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften) werden anhand der Koordinaten der entsprechenden Rasterzelle zugeordnet und Rasterzellen mit gleichen Standorteigenschaften zusammengefasst. Schließlich wird aus der Faktorkarte eine Maßnahmen- bzw. Applikationskarte erstellt, in der jeder Teilfläche eine bestimmte Maßnahmenhöhe zugewiesen wird (LUDOWICY ET AL. 2002).

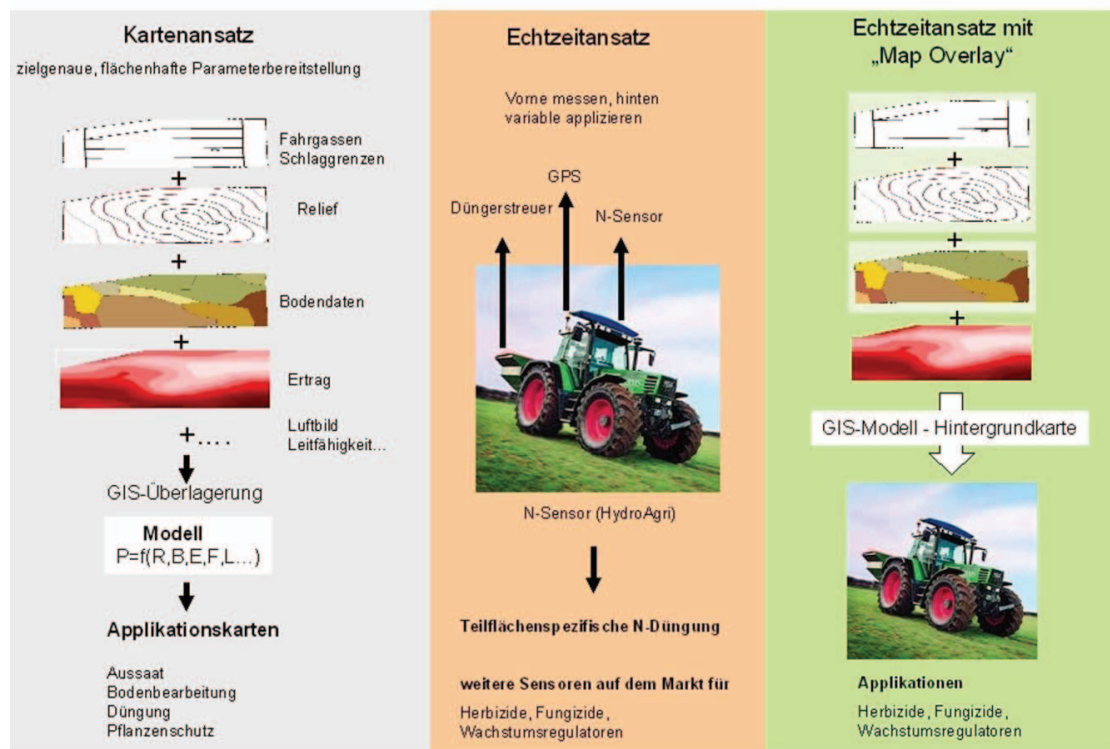


Abbildung 2.2: Strategien der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung

Quelle: (LUDOWICY ET AL. 2002, verändert)

Die Maßnahmenhöhe basiert zum Teil auf den Erfahrungswerten der Landwirte, zum Teil auf geprüften Algorithmen. Der Bordcomputer der Landmaschine liest die Informationen der Applikationskarten ein und steuert die Maßnahmen – Düngung, Pflanzenschutz – entsprechend (LUDOWICY ET AL. 2002; HERBST 2004a).

Beim Sensoransatz werden die teilflächenspezifischen Bestandesparameter in einem Arbeitsschritt (einer Überfahrt mit dem Schlepper) in Echtzeit erfasst, analysiert und nahezu zeitgleich übersetzt in teilflächenspezifische Maßnahmen. Die Bestandesparameter werden mit Hilfe von Sensoren (optisch, spektral, mechanisch, geo-elektrisch, Radar) bestimmt (LUDOWICY ET AL. 2002).

Eine Kombination aus beiden Verfahren ist der Sensoransatz mit Kartenüberlagerung. Sensoransätze erfassen nur einen Parameter und berücksichtigen ausschließlich die aktuelle Situation. Sollen jedoch zusätzliche Faktoren wie Boden- oder Ertragsparameter, die zeitversetzt aufgenommen wurden, berücksichtigt werden, können Sensor- und Kartieransatz miteinander kombiniert werden (RÖSCH ET AL. 2007).

2.2.1 Datenerfassung

Für die Erstellung von Applikationskarten, welche die Maschinenaufträge für teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen enthalten, müssen Daten über die kleinräumigen Ausprägungen der Standort- bzw. Pflanzenparameter vorliegen. Für die Erfassung dieser Parameter stehen dem Landwirt verschiedene Verfahren und Quellen zur Verfügung.

2.2.1.1 GPS und DGPS

Eine wesentliche Voraussetzung für eine kleinräumige Datenerfassung und teilflächenspezifische Bewirtschaftung ist die Bestimmung der genauen Lageposition mit Hilfe des Globalen Positionierungssystems. Dieses System basiert auf einer Konstellation von mindestens 24 Satelliten, die auf sechs Bahnen in einer Höhe von ca. 20 000 km die Erde innerhalb von zwölf Stunden einmal umkreisen (LUDOWICY ET AL. 2002). Durch die Anordnung der Satelliten ist sichergestellt, dass an jedem Ort die Signale von mindestens vier Satelliten zu jeder Tages- und Nachtzeit empfangen werden können. Aufgrund der steigenden Anzahl an GPS-Satelliten im All können inzwischen in der Regel die Signale von 5 -10 Satelliten empfangen werden. Das vom Satelliten ausgesendete Signal enthält Informationen über die Position des Satelliten und die Uhrzeit, in der die Position im All eingenommen wurde. Der GPS-Empfänger nimmt das vom Satelliten ausgesendete Signal auf, misst die Laufzeitdifferenz zwischen den Signalen der verschiedenen Satelliten und ermittelt daraus mit Hilfe trigonometrischer Berechnungen die eigene Position. Für eine genaue Positionsbestimmung (xyz - Koordinaten) sind mindestens vier Satelliten erforderlich. Durch den Empfang weiterer Satelliten kann die Genauigkeit deutlich verbessert werden. Mit Abschaltung des Störsignals seit Mai 2000 durch das US-Militär hat sich die Genauigkeit der in der Landwirtschaft eingesetzten GPS-Empfänger signifikant erhöht (LUDOWICY ET AL. 2002; KLOEPFER 2004).

Durch den Einsatz eines differenziellen GPS (DGPS) kann eine noch höhere Genauigkeit erzielt werden. Die Voraussetzungen hierfür bilden ortsfeste Referenzpunkte mit GPS-Empfängern, von denen ein Korrektursignal ausgeht. Dabei wird die Differenz zwischen der Referenzstation und der aktuell bestimmten Eigenposition (systematischer Fehler) errechnet und als Korrektursignal zur

Weiterverarbeitung übertragen. Der Großteil der verfügbaren Korrektursignale ist für die Nutzer kostenpflichtig. Die verschiedenen Anbieter verschlüsseln ihre Korrektursignale so, dass nur lizenzierte Benutzer mit der entsprechenden Dekodierungssoftware in den Empfangsgeräten die Signale entschlüsseln können (LUDOWICY ET AL. 2002; KLOEPFER 2004).

Die Verarbeitung der Korrektursignale erfolgt nach verschiedenen Verfahren. Eine Möglichkeit ist das Post-Processing Verfahren, bei dem die registrierten Positionssignale erst nachträglich um die in den Korrekturinformationen enthaltenen systematischen Fehler korrigiert werden. Dieses Verfahren wird relativ selten und wenn ausschließlich im Offlinebetrieb verwendet. Gewöhnlich werden in der Landwirtschaft Echtzeitverfahren eingesetzt, bei denen die Korrektur der einfachen GPS-Positionsbestimmung in Echtzeit erfolgt. Die Korrekturinformation (Real Time Correction Message) wird parallel mit der Positionsbestimmung über Radiowellen empfangen (KLOEPFER 2004; LUDOWICY ET AL. 2002).

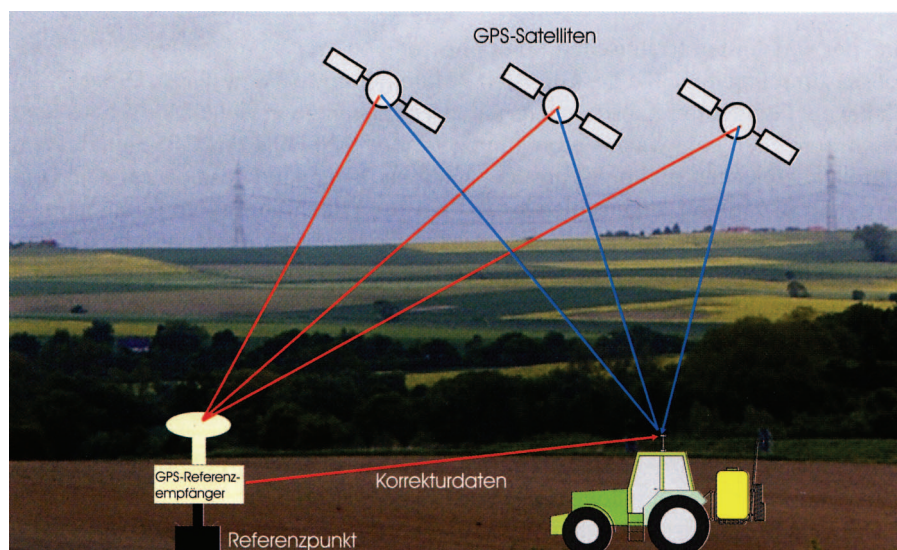


Abbildung 2.3: Aufbau des DGPS-Systems

(Quelle: KLOEPFER 2004, S. 149)

2.2.1.2 GPS-Flächenvermessung

Bei der GPS-Flächenvermessung werden Größe und geographische Lage der Ackerflächen und deren Teilflächen über eine (D)GPS-gestützte Schlagumfah-

rung ermittelt. Dabei kommen ein (D)GPS-Gerät und ein mobiler Computer mit geeigneter Software zum Einsatz. Der Schlag wird in der Regel mit einem Messfahrzeug umfahren, welches mit einer bestimmten Häufigkeit (in der Regel alle 1-3 Sekunden) die Lagekoordinaten bestimmt (LUDOWICY ET AL. 2002).

Die verwendeten Geräte erfordern eine hohe Genauigkeit, die der Großteil der in der Landwirtschaft eingesetzten Navigationsempfänger nicht erreicht. Die meisten in der Landwirtschaft eingesetzten Geräte erzielen eine Positionsgenauigkeit von ± 10 m, vor Abschaltung des Störsignals lag die Positionsgenauigkeit bei ± 100 m. Diese Abweichung ist insbesondere für die Flächenvermessung und viele andere Precision Farming Anwendungen zu ungenau. Daher kommt bei Precision Farming Anwendungen überwiegend das DGPS - Verfahren zum Einsatz (LUDOWICY ET AL. 2002).

2.2.1.3 GPS-Bodenbeprobung

Eine wichtige Datengrundlage für pflanzenbauliche Entscheidungen stellen die Bodenparameter dar. Allgemeine Informationen über Bodenparameter sind in der Bodenkarte zur landwirtschaftlichen Standorterkundung und in den Bodenkarten der Reichsbodenschätzung enthalten. Diese Karten liegen in unterschiedlichen Maßstabsebenen flächendeckend für Deutschland vor. Sie sind zwar ausreichend genau, um einen vergleichenden Überblick über die naturräumliche Ausstattung einer Region zu geben, sind jedoch aufgrund der groben Abstufungen zwischen den naturräumlichen Einheiten nicht geeignet, um Bodenmerkmale und Nährstoffverteilung einzelner Ackerflächen daraus abzuleiten. Pflanzenbauliche Entscheidungen, wie beispielsweise Maßnahmen zur Bodenausgleichsdüngung, werden daher auf Basis von Nährstoffverteilungskarten getroffen, aus denen die kleinräumige Verteilung der pflanzenverfügbaren Nährstoffe und der pH-Werte in Ackerschlägen hervorgehen (GEBBERS 2004b; LUDOWICY ET AL. 2002).

Die Genauigkeit einer Nährstoffkarte hängt davon ab, wie gut die Probenanzahl und deren räumliche Verteilung die Heterogenität der Ackerfläche widerspiegelt. Je mehr Mischproben gezogen werden und je mehr die räumliche Verteilung der Probennamepunkte der Heterogenität der Fläche entspricht, desto genauer ist die Nährstoffverteilungskarte, und umso besser eignet sie sich für die Pla-

nung der Ausgleichsdüngung. Auf kleinen Ackerflächen (1 bis 5 ha) wird eine Mischprobe aus ca. 20 Proben bei Ackerland bzw. 30 bis 40 Proben bei Grünland erstellt. In homogenen Ackerschlägen werden die Proben entlang einer Diagonalen, in heterogenen Ackerschlägen über die Fläche verteilt genommen (vgl. Abbildung 2.4) (LUDOWICY ET AL. 2002).

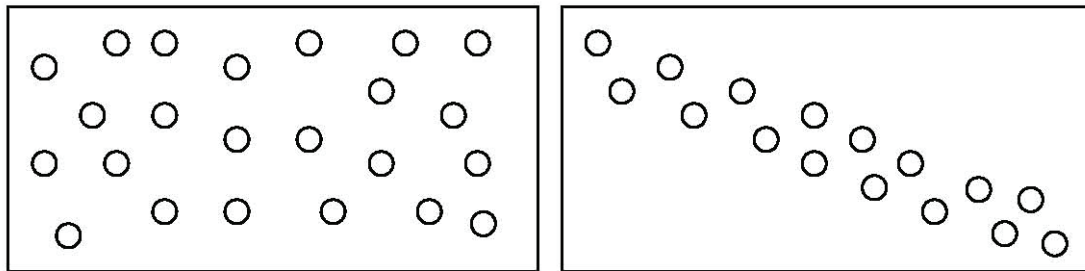


Abbildung 2.4: Beprobungsstrategien bei heterogenen (links) bzw. homogenen (rechts) Flächen

Quelle: (LUDOWICY ET AL. 2002)

Für die Beprobung großer Flächen werden spezielle mit DGPS ausgerüstete Fahrzeuge (Geländewagen, Leichtfahrzeuge oder Motorräder) eingesetzt. Die Beprobungen erfolgen als Raster- oder Selektivbeprobung. Bei der Rasterbeprobung wird die Fläche in 1 bis 5 ha große, regelmäßige Rasterzellen unterteilt. Je Rasterzelle wird eine Mischprobe aus 10 bis 20 Einstichen genommen, und die zentrale Koordinate der Rasterzelle wird gespeichert. Die Einstiche für die Mischprobe sind entweder diagonal über die ganze Rasterzelle verteilt oder in einem kreisförmigen Radius von 5 bis 10 m um die zentrale Koordinate der Rasterzelle angeordnet (siehe Abbildung 2.5). Bei der Selektivbeprobung hingegen wird der Schlag an ausgewählten Stellen beprobt. Die Stellen für die Probenahme werden bei dieser Vorgehensweise gezielt auf Basis von Luftbildern, Reichsbodenkarten, Ertragskarten sowie alten Nährstoffkarten ausgewählt. Probenahmen für die Mischproben erfolgen ähnlich wie bei der Rasterbeprobung (GEBBERS 2004b).

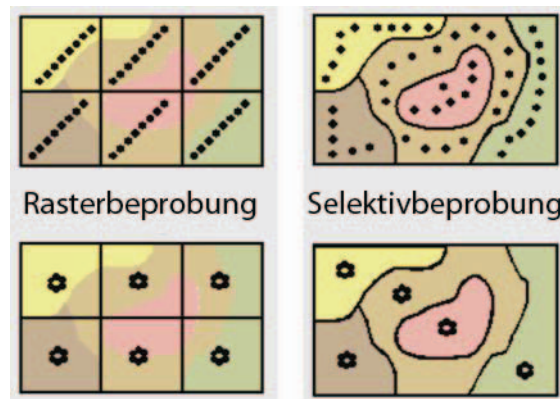


Abbildung 2.5: Aktuelle Beprobungsstrategien

Quelle: (GEBBERS 2004b, S. 62, verändert)

Mit Hilfe der Probenamnestellen-Koordinaten können die Ergebnisse der Nährstoffanalyse anschließend im GIS mittels geeigneter Interpolationsverfahren zu einer flächendeckenden Nährstoffkarte weiterverarbeitet werden. Darüber hinaus bieten die Koordinaten den Vorteil, dass die Probenahme in den Folgejahren an exakt der gleichen Stelle wie in den Vorjahren erfolgen und so die zeitlichen Dynamik der Nährstoffe erfasst werden kann (GEBBERS 2004b).

2.2.1.4 GPS - Ertragskartierung

Bei der Ertragskartierung werden die vorhandenen Erträge in Ackerflächen punktuell von Erntemaschinen erfasst, dokumentiert und mit Hilfe von Interpolationsverfahren eine flächenhafte Ertragskarte erstellt. Ziel der Ertragskartierung ist die lagegenaue Erfassung von Ertragsunterschieden in Teilflächen eines Ackerschlags. In der Ertragskarte lässt sich flächenhaft ablesen, wie sich unterschiedliche Anbaubedingungen und pflanzenbauliche Maßnahmen auf den Ertrag auswirken (vgl. Abbildung 2.6). Deshalb sind sie in Kombination mit den Bodenparametern eine Basis für zukünftige Bewirtschaftungsentscheidungen (RÖSCH ET AL. 2007; BRASE 2006).

Für die Aufzeichnung der Ertragsunterschiede müssen die Erntemaschinen mit einem DGPS- Empfänger, einem Ertragssensor und einem Bordcomputer mit entsprechender Ertragserfassungssoftware ausgestattet sein. Die Ertragskartierungen sind in der Getreideproduktion am weitesten verbreitet. Viele Mähdrescher sind standardmäßig mit Ertragsmessgeräten ausgerüstet. Erste Systeme

zur Ertragskartierung kommen inzwischen bei der Ernte von Zuckerrüben, Kartoffeln, Mais und Gras zum Einsatz (DEMMELE 2005).

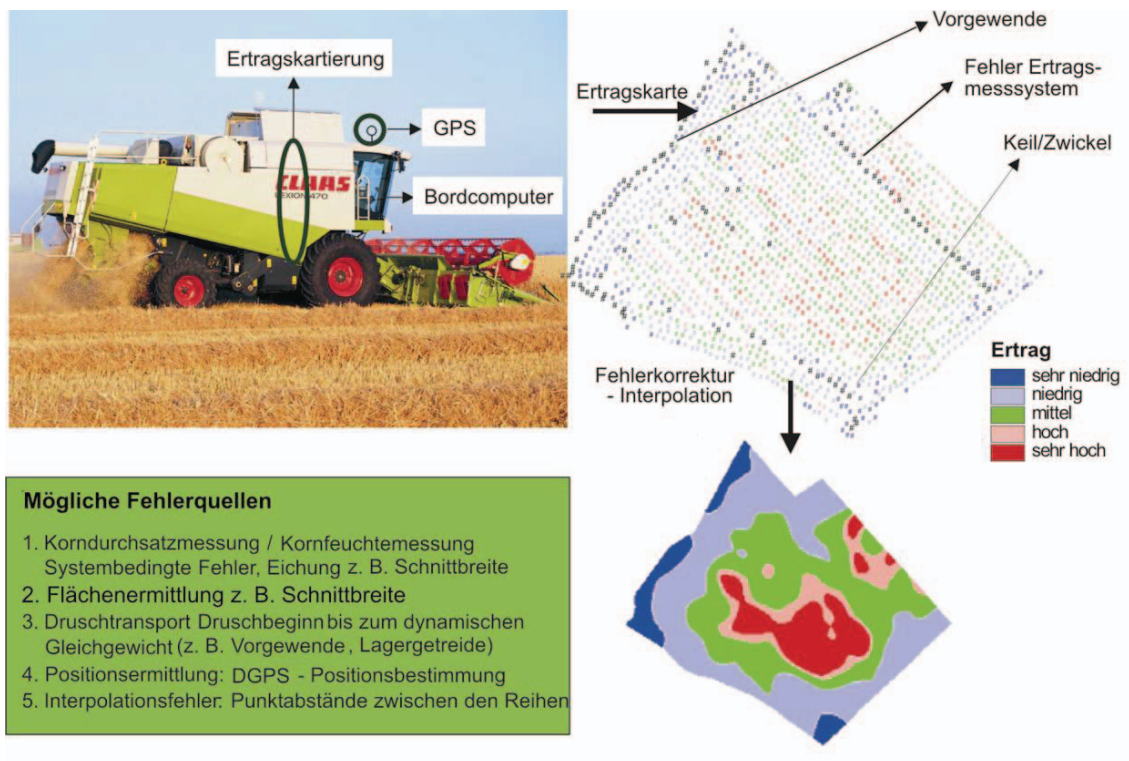


Abbildung 2.6: System der Ertragskartierung und mögliche Fehlerquellen

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 16)

Bei der Getreideernte errechnet sich der Ertrag aus der Schnittbreite, dem Korndurchsatz, der Kornfeuchte, dem zurückgelegten Weg und der Abtastrate. Für die Messung des Korndurchsatzes stehen verschiedene Sensorsysteme zur Verfügung, die je nach Arbeitsweise in Volumenmesssysteme, Kraft-/ Impulsmesssysteme und indirekte Messsysteme untergliedert werden. Abbildung 2.7 stellt die verschiedenen Systeme vor (LUDOWICY ET AL. 2002).

Volumenmesssysteme erfassen mittels einer Lichtschranke das Volumen des am Sensor vorbei geführten Kornstromes (vgl. Abbildung 2.7). Dabei errechnet sich das Volumen aus der Zeitdauer, in der der Lichtfluss aufgrund der durchströmenden Kornmenge unterbrochen wird. Diese Messmethode reagiert sehr empfindlich auf Hangneigungen. Deshalb werden die Mähdrescher zusätzlich mit Neigungssensoren ausgestattet, um so den Hangeinfluss bei der Volumenberechnung berücksichtigen zu können (HÜTER ET AL. 2005).

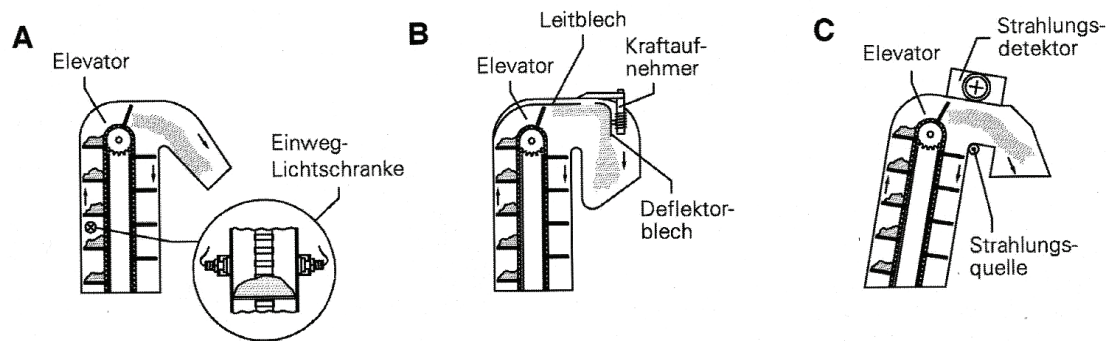


Abbildung 2.7: Sensoren zur Ertragskartierung beim Mähdrusch: A Volumetrische Messung mit Lichtschranke, B Kraft- oder Impulsmessung mit Prallplatte, C Indirekte Messung mit Strahlungsquelle und -detektor

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 17)

Bei dem Kraft- und Impulssensor wird der Korndurchsatz über die Kraftwirkung ($\text{Masse} \times \text{Geschwindigkeit}$) der Körner gemessen. Die Körner werden am Elevatorkopf vom Elevatorpaddel in den Korntank geschleudert und streifen dabei am Sensor vorbei. Je größer der Korndurchsatz, desto größer ist die Krafteinwirkung auf den Sensor. Die Krafteinwirkung wird mit 2 Sensorfingern (Biegestäbe mit Dehnungsmessstreifen), die an einer Impulsmesszelle angeschlossen sind, bestimmt. Ein anderes System, welches dem gleichen Prinzip folgt, ist die Prallplatte (vgl. Abbildung 2.7 B). Diese ist im rechten Winkel zur Wurfrichtung der Körner angebracht. Sie enthält Federn mit elektrischen Wegaufnehmern zur Messung von Spannungsänderungen, die durch den Aufprall der Körner auf der Platte verursacht werden. Die Spannungsänderung bzw. die Impulse auf den Fingersensor werden in bestimmten Zeitabständen erfasst und als elektrisches Signal weitergegeben. Bei beiden Sensoren hängt der Kraftimpuls neben der Kornmenge von der Elevatorgeschwindigkeit ab, die von einem Drehzahlsensor ermittelt wird. Aus den gemessenen Impulsen, der Elevatordrehzahl, der Arbeitsbreite und der Arbeitsgeschwindigkeit errechnet sich der Flächenertrag. Bei indirekten Messsystemen (vgl. Abbildung 2.7 C) wird von einer schwach radioaktiven Strahlenquelle (Americium 241), welche ebenfalls am Elevatorkopf des Mähdreschers angeordnet ist, eine bestimmte Menge Gammastrahlen auf einen Strahlendetektor gesendet. Die von den Elevatorpaddeln abgeworfene Kornmenge absorbiert einen Teil der Strahlen. Aus der Menge der absorbierten Strahlung berechnet sich der Korndurchsatz (LUDOWICY ET AL. 2002).

Entscheidend für die Zuverlässigkeit der Messergebnisse ist bei allen drei Sensortypen die Kalibrierung der Geräte. Bei richtiger Kalibrierung liegen die Messfehler aller Systemen bei etwa 2–3 % (KLOEPFER 2004).

Die gemessenen Ertragsrohdaten, die direkt vom Bordcomputer kommen, weisen hohe Schwankungen auf. Bevor die Daten weiter verarbeitet werden können, müssen sie deshalb zunächst auf Plausibilität überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. Mit Hilfe von Interpolationsverfahren wird aus den korrigierten Punktertragswerten eine Rasterkarte erstellt. In einem weiteren Schritt wird die Rasterkarte geglättet und eine Isolinienkarte erzeugt, die die verschiedenen Ertragszonen voneinander abgrenzt (vgl. Abbildung 2.6) (LUDOWICY ET AL. 2002).

Um auf Basis von Ertragskarten Aussagen zur Planung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen treffen zu können, sollten im Idealfall Ertragskarten von einem Ackerschlag für mehrere Jahre vorliegen. Aufgrund der unterschiedlichen Witterungsverläufe oder infolge technischer Probleme, können die Ertragskarten zwischen einzelnen Jahren teilweise erheblich variieren (RÖSCH ET AL. 2007; GEBBERS 2004a).

2.2.1.5 Bodenleitfähigkeitsmessungen / EM 38

Der Ertrag einer Ackerfläche hängt neben der guten Nährstoffversorgung auch von anderen Parametern wie der Bodenart, dem Humusgehalt und der Wasserversorgung ab. Diese Parameter einzeln zu erfassen wäre zu aufwendig und zu teuer. Über die Messung der elektrischen Leitfähigkeit können diese Parameter deutlich kostengünstiger und einfacher bestimmt werden. Die elektrische Leitfähigkeit eines Bodens ist ein geophysikalischer Parameter, der im Wesentlichen durch Bodenart und Bodenverdichtung sowie Wasser-, Salz- Nährstoff- und Humusgehalt beeinflusst wird (HERBST 2004b).

Für die Messung der elektrischen Leitfähigkeit stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung (vgl. LUDOWICY ET AL. 2002). In Deutschland ist der Einsatz des EM 38 am weitesten verbreitet. Bei dieser Methode wird die elektrische Leitfähigkeit ohne Bodenkontakt auf Basis eines elektromagnetischen Messverfahrens bestimmt. Eine mit Wechselstrom gespeiste Sendespule erzeugt ein primäres Magnetfeld im Boden. Dieses wird durch die elektrische Leitfähigkeit des

Bodens beeinflusst. Eine Empfängerspule misst das Verhältnis zwischen dem abgestrahlten primären Magnetfeld und dem durch die elektrische Leitfähigkeit des Bodens beeinflussten sekundären Magnetfeld (vgl. Abbildung 2.8). Aus dem Verhältnis des sekundären Magnetfeldes zum primären Magnetfeld kann direkt auf die elektrische Leitfähigkeit geschlossen werden (LUDOWICY ET AL. 2002).

Um die gemessenen Werte besser einordnen zu können, sollte zusätzlich zur Leitfähigkeitsmessung eine Aufnahme der Bodeneigenschaften über eine Bohrstockkartierung erfolgen.

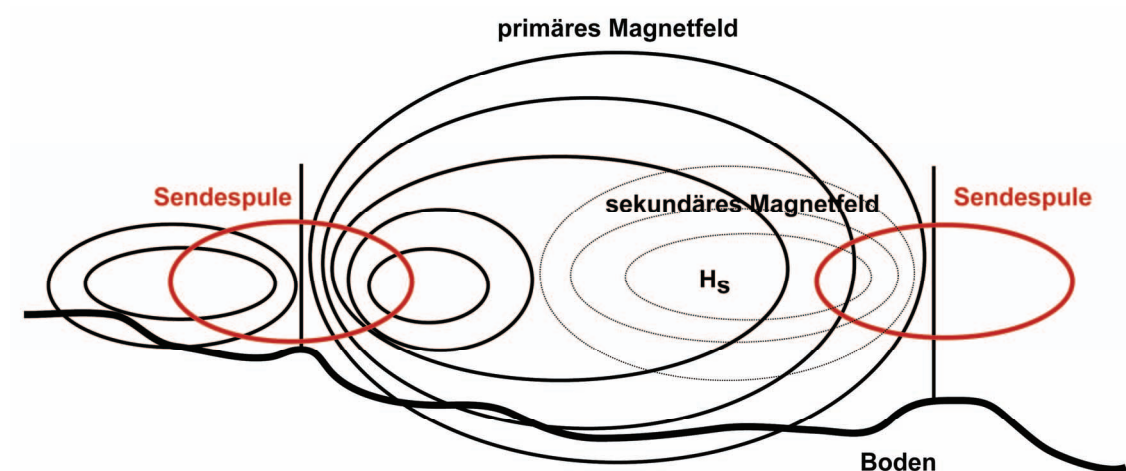


Abbildung 2.8: Funktionsprinzip des EM 38

Quelle: (LUDOWICY ET AL. 2002)

Das Messgerät wird auf einem metallfreien Schlitten in einem Mindestabstand von 10 m hinter einem mit DGPS ausgestatteten Beprobungsfahrzeug hergezogen. Im Sekundentakt werden die Koordinaten zusammen mit der gemessenen elektrischen Leitfähigkeit erfasst und abschließend in einer Karte flächenhaft dargestellt (vgl. Abbildung 2.9 und 2.10) (HERBST 2004b).

Die Ergebniskarte der Leitfähigkeitsmessung kann zusammen mit Reliefangaben als Datengrundlage für die teilflächenspezifische Bodenbeprobung (Selektivbeprobung) verwendet werden.

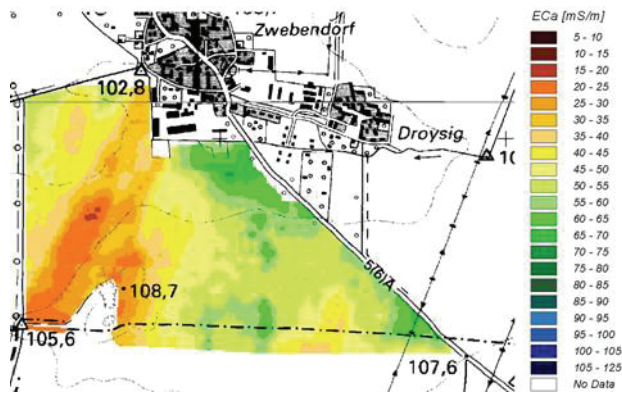


Abbildung 2.9: Ergebniskarte zur elektrischen Leitfähigkeit des Bodens

Quelle: (HÜTER & KLÖBLE 2007)



Abbildung 2.10: EM 38 hinter einem Beprobungsfahrzeug

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 37)

2.2.1.6 Fernerkundungsdaten

Fernerkundungsdaten (Luft- und Satellitenbilder) liefern eine gute Datengrundlage für den Einstieg und die Planung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen. Durch die Perspektive von oben bekommt der Landwirt einen aktuellen und schnellen Überblick über seine Ackerflächen und kann vorhandene Heterogenitäten bzw. Homogenitäten innerhalb der Ackerschläge gut erkennen (vgl. Abbildung 2.11). Insbesondere bei sehr großen landwirtschaftlichen Betrieben mit mehr als 1000 ha Nutzfläche lohnt sich der Einsatz von Luft- und Satellitenbilddaten. Die Verwendung von Fernerkundungsdaten ist vielfältig: Sie werden zur aktuellen Bestandsführung und zur Bestimmung des Bodensubstrats, der Wasserspeicherkapazität in Böden und von Erosionsschäden eingesetzt.

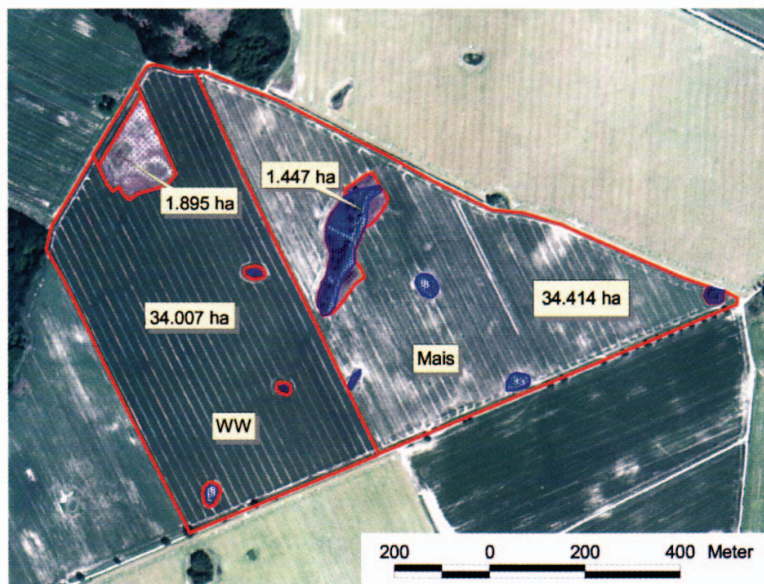


Abbildung 2.11: Luftbild mit deutlich erkennbaren Standortunterschieden innerhalb des rechten Ackerschlages

Quelle: (GRENZDÖRFER 2004, S. 419)

Außerdem können Nährstoffmangel sowie Krankheits- und Schädlingsbefall auf Basis von Infrarotaufnahmen diagnostiziert werden. Vorhandene Heterogenitäten der Böden und Pflanzenbestände lassen sich leichter erfassen, und es können effektive Strategien für eine Bodenbeprobung abgeleitet werden. Auf der Basis mehrjähriger Datenreihen zu einzelnen Ackerflächen lassen sich verschiedene Management Units voneinander unterscheiden, die in der Folge entsprechend angepasst bewirtschaftet werden können (LUDOWICY ET AL. 2002).

Fernerkundungsdaten, die für die Planung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen eingesetzt werden sollen, müssen eine hohe Bodenauflösung haben, um Details besser sichtbar zu machen. Werden die Daten für die Bestandsführung eingesetzt, müssen sie möglichst schnell innerhalb weniger Tage für den Landwirt entzerrt, georeferenziert und in digitaler Form verfügbar sein. Zur Feststellung der aktuellen Nährstoff- und Wasserversorgung des Pflanzenbestandes werden Aufnahmen verwendet, die den nahen Infrarotbereich beinhalten (GRENZDÖRFER 2004).

Precision Farming Maßnahmen werden bisher überwiegend auf Basis von Luftbildern geplant. Im Gegensatz zu Satellitenbildern bieten sie den Vorteil, dass nur ein geringer Zeitverzug zwischen Aufnahme und Verfügbarkeit des georeferenzierten Bildes besteht. Der Aufnahmezeitpunkt lässt sich flexibel planen, und

so können ungünstige Wetterbedingungen ausgeschlossen werden. Bisher lagen Luftbilder in einer höheren geometrischen Auflösung vor als Satellitenbilder. In den letzten Jahren hat sich das Angebot an geometrisch, radiometrisch und temporal hochauflösenden Satellitenbildern deutlich verbessert, so dass damit zu rechnen ist, dass zukünftig auch verstärkt Satellitenbilder für die Planung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen eingesetzt werden (LUDOWICY ET AL. 2002).

2.2.2 Datenverarbeitung im GIS

Neben der Datenerfassung ist ein gutes Datenmanagement und eine detaillierte Datenanalyse eine wichtige Voraussetzung für die Erstellung teilflächenspezifischer Applikationskarten. Die große Datenmenge, welche bei der Verwendung von Offlineverfahren anfällt, wird mit Hilfe geographischer Informationssysteme ausgewertet und Fehler korrigiert. Dabei werden Erfahrungen und agronomische Kenntnisse des Landwirts berücksichtigt. Die einzelnen Datensätze werden miteinander verschnitten und zu Applikationskarten weiterverarbeitet. Sie bilden die Grundlage für die teilflächenspezifischen Arbeitsgänge (vgl. Abbildung 2.12). Alle erfassten Punktdatensätze der verschiedenen Parameter werden in Flächendatensätze überführt. Grundlegende Arbeitsschritte hierbei sind Rasterbildung, Interpolation und die Bildung von Werteklassen (RÖSCH ET AL. 2007; LUDOWICY ET AL. 2002). Die interpolierten Ergebniskarten werden im GIS miteinander kombiniert und entsprechend weiterverarbeitet, dass sie für die Planung pflanzenbaulicher Maßnahmen genutzt werden können. Verschiedene GIS Systeme bieten hierfür eine Entscheidungsunterstützung an, die auf wissenschaftlich ermittelten Algorithmen basieren. Die Planung der Stickstoffdüngung bzw. die Planung der Grunddüngung beispielsweise erfolgt auf der Grundlage mehrjähriger Ertragskarten in Kombination mit Bodenkarten und einer Hangneigungskarte. Ergebniskarten zeigen Düngeempfehlungen für die Grund- und Stickstoffdüngung an. Die Berechnung der Karten erfolgt in der Regel mit den Methoden der Regressionsanalyse und der mehrfaktoriellen Varianzanalyse. In einem Folgeschritt wird die zu applizierende Düngermenge berechnet und als Applikationskarte gespeichert. Die fertige Applikationskarte wird vom Bordcomputer des Traktors eingelesen, verarbeitet und in Abhängigkeit

von der Position der Maschine die vorgegebene Applikationsmenge ausgebracht (LUDOWICY ET AL. 2002; GEBBERS 2004c). In Abbildung 2.12 ist die Erstellung einer Applikationskarte exemplarisch dargestellt.

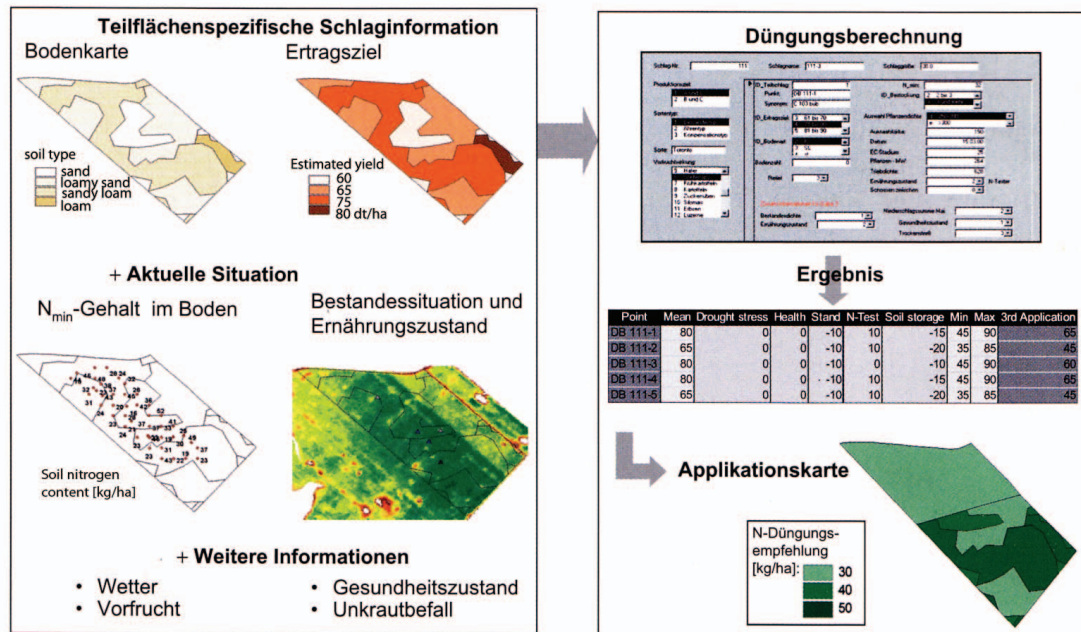


Abbildung 2.12: Erstellung einer Applikationskarte für die Stickstoffdüngung

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 10)

2.2.3 Applikationstechnik

2.2.3.1 Teilflächenspezifische Aussaat

Bei der teilflächenspezifischen Aussaat wird die Aussaatdichte und damit die Pflanzendichte variiert. Die teilflächenspezifische Aussaat wird in der Regel bei Getreide und insbesondere beim Weizen praktiziert. Größere Bedeutung wird dieses Verfahren zukünftig auch bei Raps, Mais und Zuckerrüben erlangen. Ziel dieser Methode ist die Einsparung von Saatgut und die Auswahl eines optimalen Standortraumes für die Einzelpflanze. Der Einsatz dieses Verfahrens ist nur bei einer hohen Variabilität im Ertragspotential sinnvoll. Beispielsweise macht eine teilflächenspezifische Aussaat beim Weizen erst ab einem Ertragsunterschied von 10 – 15 dt/ha Sinn (HÜTER ET AL. 2005). Bei der Erstellung der Aussaatkarte werden Parameter wie die Ertragsvariabilität, Bodenparameter, Lage-

neigung sowie die Qualitätsparameter des Saatguts berücksichtigt. Die fertige, geocodierte Aussaatkarte wird am Schlepperterminal eingelesen und über den Jobrechner der Sämaschine die Aussaatstärke entsprechend variiert. Pneumatische Sämaschinen mit einem eigenen Jobrechner sind in der Lage, die Aussaatstärke zu variieren (vgl. Abbildung 2.13) (HÜTER ET AL. 2005).

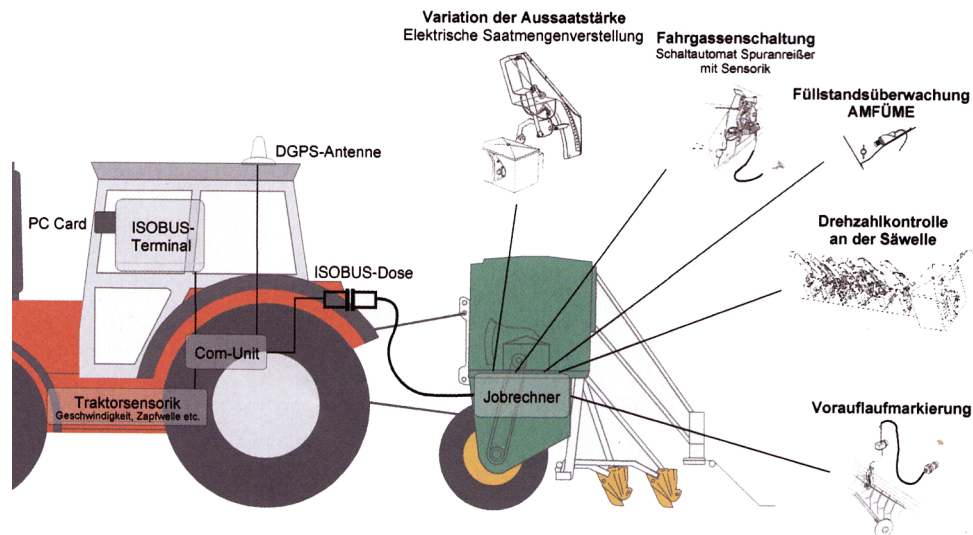


Abbildung 2.13: Funktionsweise einer Sämaschine für teilflächenspezifische Aussaat

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 8)

2.2.3.2 Teilflächenspezifische Düngung

Die teilflächenspezifische Düngung hat eine angepasste Verteilung der Nährstoffe an die jeweiligen Standortbedingungen zum Ziel. Hierdurch soll ein effizienter Einsatz von Düngemitteln erfolgen, der eine Über- bzw. Unterversorgung von Teilflächen eines Schlages verhindert. Die Höhe der Düngung orientiert sich an dem Ertragsziel, der Nährstoffverteilung im Boden, der Bodenart und dem Stickstoffverbrauch als auch dem aktuellen Nährstoffbedarf der Pflanze. Voraussetzung für die variable Düngung ist ein Düngerstreuer mit elektronischer Mengendosierung (vgl. Abbildung 2.14), der über eine zuvor erstellte Applikationskarte oder über Sensorverfahren angesteuert wird. Über den Jobrechner am Düngerstreuer bzw. an der Spritze werden im Sekundentakt die Stellwerte für die Düngedosierung auf Basis der Applikationskarte bzw. des Sensors und der GPS-Position bestimmt (HÜTER ET AL. 2005; BROZIO 2004). Nach einem ähnlichen Prinzip erfolgt die teilflächenspezifische, mineralische

Grunddüngung und Kalkung. Hierfür werden vorab Applikationskarten auf der Basis von Luftbildern, Boden-, Nährstoffverteilungs- und Ertragskarten berechnet. Die besten Ergebnisse lassen sich mit einer Einzelnährstoffdüngung erzielen, bei der für jeden Nährstoff ein separater Arbeitsgang notwendig ist (HÜTER ET AL. 2005).

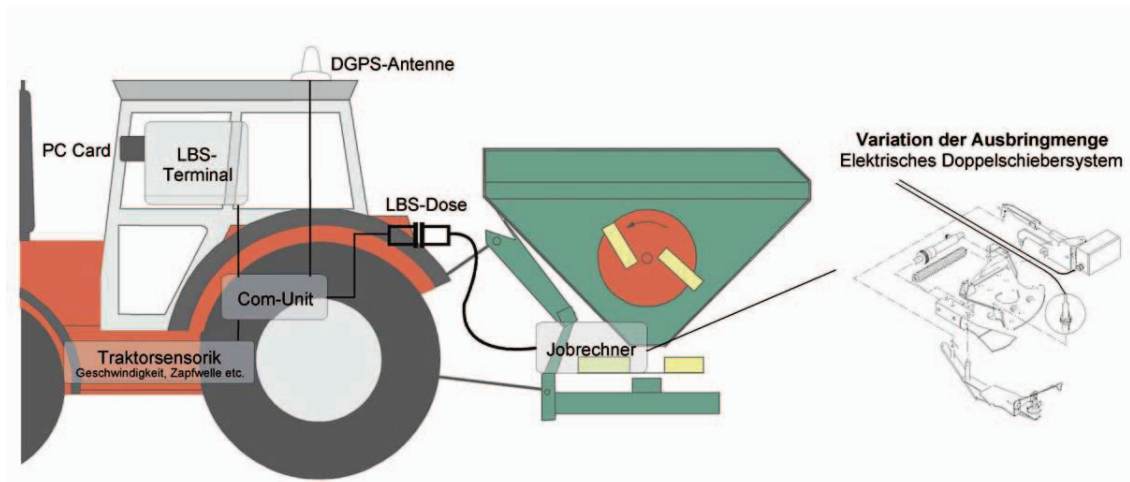


Abbildung 2.14: Funktionsprinzip eines Zentrifugaldüngerstreuers mit elektronischer Regulierung der Ausbringmenge

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 9)

2.2.3.3 Onlineverfahren N-Sensor

Applikationen (Stickstoff, Halmstabilisatoren, Fungizide) mit dem Yara N-Sensor gehören zu den Online-Verfahren, bei denen die Erfassung, Verarbeitung, Interpretation und Applikation von Bestandesinformationen zeitlich unmittelbar aufeinander folgt. Der Yara N-Sensor misst während der Überfahrt die Reflexion des Tageslichtes (bei Verwendung des passiven Sensors) respektive die Reflektion der eigenen Lichtquelle (bei Verwendung des aktiven Sensors) am Pflanzenbestand (vgl.



Abbildung 2.15: Yara N-Sensor

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 12)

Abbildung 2.15). Diese ist abhängig vom jeweiligen Chlorophyllgehalt der Pflanze. Das Chlorophyll absorbiert überwiegend rotes und blaues Licht und reflektiert entsprechend grünes Licht. Ist der Chlorophyllgehalt hoch, ist auch die Stickstoffversorgung der Pflanze hoch. Der Sensor erfasst das reflektierte Licht und wertet die Spektralverteilung der eingehenden Strahlung aus, welche Rückschlüsse über den Ernährungszustand der Pflanze und die aktive Biomasse zulassen (vgl. Abbildung 2.16). Da sich Unterschiede im Ernährungszustand der Pflanze erst gegen Ende der Bestockungsphase feststellen lassen, kann dieses Verfahren vom Ende der Bestockung (BBCH 29) (bei der Stickstoffdüngung mit der zweiten N-Gabe) bis zum Ende der Blüte (BBCH 69) eingesetzt werden¹. Entsprechend einer standort- und sortenabhängigen Kalibrierung wird der gemessene Reflektionswert in eine zu applizierende Düngemenge umgerechnet und anschließend ausgebracht. Bei der Verwendung von Faktorkarten, welche durch die Auswertung von Boden- und Ertragskarten entstehen, wird die berechnete Düngemenge entsprechend der Faktorkarte korrigiert. Der korrigierte Wert wird an den Jobrechner im Düngerstreuer bzw. in der Düngerspritze weitergeleitet und die Ausbringmenge entsprechend gesteuert. Alternativ zur Verwendung einer Faktorkarte, kann das System von Hand gesteuert werden. Ebenso besteht die Möglichkeit, vorab einen Höchst- bzw. Mindestwert für die Düngeausbringung einzurichten.

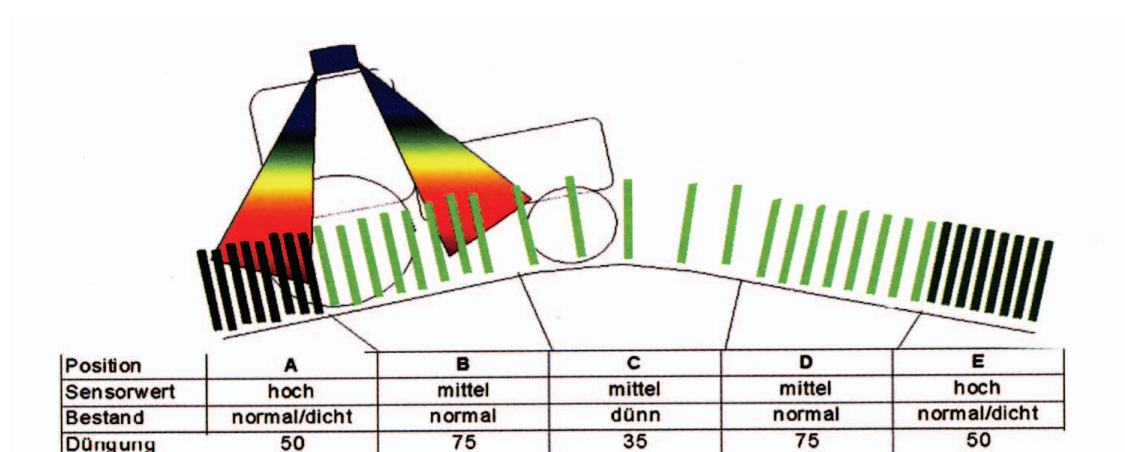


Abbildung 2.16: Angepasste Düngemengen

Quelle: (LUDOWICY ET AL. 2002)

¹ Einen Überblick über die Codierung der wichtigsten phänologischen Entwicklungsstadien von Getreide zeigt Abbildung A.1 im Anhang

Bei korrekter Kalibrierung des Systems kann der N-Sensor eine Ertragssteigerung von im Schnitt 2,2 % erzielen, was einem Mehrertrag von 1,69 dt/ha entspricht. In Einzelfällen wurde auf Versuchsflächen sogar eine Ertragssteigerung von 10 dt/ha gegenüber einer schlageinheitlichen Bewirtschaftung erzielt. Darüber hinaus führt die variable N-Applikation zu einer deutlich homogeneren Bestandesentwicklung und zu einer geringeren Lageneigung (LUDOWICY ET AL. 2002). Mögliche Fehlerquellen beim Einsatz des N-Sensors sind Fehlstellen oder Trockenstress, diese werden aufgrund des Reflexionssignals als extrem düngesensibel eingestuft. In solchen Fällen muss der Landwirt die Stickstoffgabe von Hand nach unten regulieren (HÜTER ET AL. 2005). Der Yara N-Sensor ist bisher am weitesten im Getreideanbau verbreitet, jedoch wird er auch zunehmend bei der Düngung von Raps, Mais und Kartoffeln eingesetzt.

2.2.3.4 Onlineverfahren MiniVeg N

Ein anderes optoelektrisches Verfahren ist der MiniVeg (vgl. Abbildung 2.17). Das Funktionsprinzip ist vergleichbar mit dem des N-Sensors. Der MiniVeg N ist ein aktiver Sensor, welcher die laserinduzierte Fluoreszenz eines Pflanzenbestandes misst. Über einen Laser niedriger Energie wird das Chlorophyll eines Pflanzenbestands zur Fluoreszenz angeregt. Die von den Blättern abgestrahlte Fluoreszenzenergie wird in verschiedenen Wellenlängenbereichen (690 nm und 790 nm) von hochempfindlichen Detektoren gemessen. Aus dem Verhältnis der verschiedenen Wellenlängenbereiche zueinander lässt sich der Vegetationsindex berechnen, welcher eng mit dem Chlorophyllgehalt und damit mit der Stickstoffversorgung der Pflanze korreliert.

Der von den Detektoren gemessene Wert wird in eine auszubringende Düngermenge umgerechnet und über Düngerstreuer oder Düngespritze appliziert (LIMBRUNNER B. & MAIDL F. X. 2007). Der MiniVeg N ist bis zu einem Entwicklungsstadium von BBCH 49 (Ähren- und Rispschwelen, vgl. Abbildung A.1 im Anhang) anwendbar. Im Gegensatz zum



Abbildung 2.17: Mini-Veg N

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 13)

Yara N-Sensor wird der MiniVeg ausschließlich im Getreideanbau genutzt (HÜTER ET AL. 2005).

2.2.3.5 Onlineverfahren Crop-Meter

Ein weiteres, ausschließlich im Getreideanbau eingesetztes Online-Verfahren für die variable Applikation von Stickstoff, Halmstabilisatoren und Fungiziden ist das Crop-Meter. Das Crop-Meter ist ein mechanischer Pendelsensor, welcher über Widerstand bzw. Pendelausschlag den Biomasseanteil und damit den Ernährungszustand eines Pflanzenbestandes misst (vgl. Abbildungen 2.19 und 2.20). Dabei handelt es sich um einen zylinderförmigen Metallstab, der an der Vorderseite des Schleppers angebracht ist (vgl. Abbildung 2.18). Dieses Verfahren wird bisher bei Pflanzen mit halmartiger Struktur verwendet. Es setzt eine gewisse Wuchshöhe voraus und kann ab Beginn des Schossens (BBCH 30) eingesetzt werden (vgl. Abbildung A.1 im Anhang). Das Pendel wird in kon-



Abbildung 2.18: Crop-Meter

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 12)

stanter Höhe bei möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit quer durch den Pflanzenbestand bewegt. Masse und Anzahl der Einzelpflanzen bestimmen den Pendelausschlag und lassen somit Rückschlüsse auf die gewachsene Pflanzenmasse zu. Die Berechnung der Düngemenge erfolgt auf Basis des Pendelausschlags unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit und der Maschinen- und Hangneigung. Der maximalen und minimalen Pendelauslenkung werden N-Mengen zugewiesen. Zwischen diesen beiden Grenzwerten variiert die zu applizierende

Stickstoffmenge. Der Standard-Messfehler des Crop-Meters liegt unter durchschnittlichen Einsatzbedingungen bei 10 % (EHLERT 2004; HÜTER ET AL. 2005).

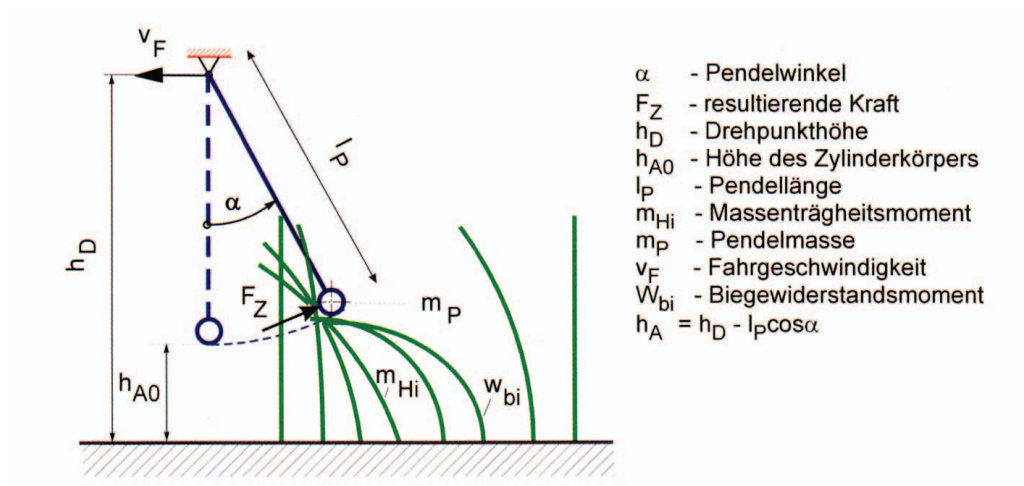


Abbildung 2.19: Funktionsweise des Pendelsensors

Quelle: (EHLERT 2004, S. 95)

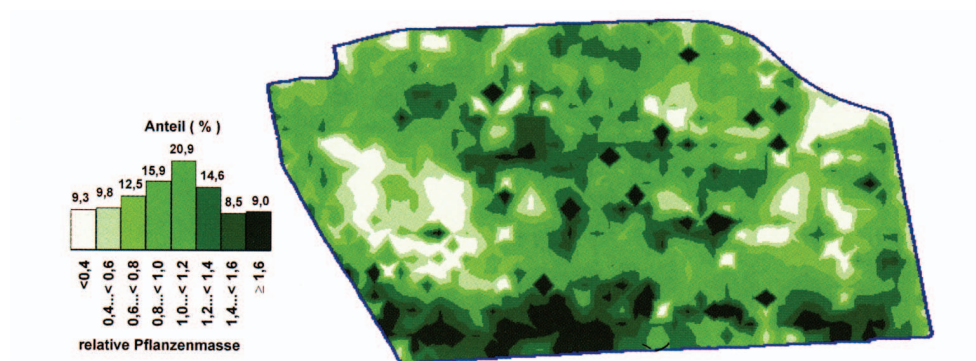


Abbildung 2.20: Ergebniskarte zur Pflanzenmassekartierung mit dem Pendelsensor (Wintergerste, 44 ha, 12.05.2003)

Quelle: (EHLERT 2004, S. 96)

2.2.3.6 Teilflächenspezifischer Pflanzenschutz

Der teilflächenspezifische Pflanzenschutz ist ein Bereich, in dem der Landwirt erhebliche Betriebskosten einsparen und positive Umwelteffekte erzielen kann. Unkräuter auf Ackerflächen treten nicht über die ganze Fläche gleichmäßig verteilt auf, sondern konzentrieren sich überwiegend auf Streifen und einzelne Nester. Im Gegensatz zur konventionellen schlageinheitlichen Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln lassen sich durch eine teilflächenspezifische Applikation deutlich Betriebsmittel und -kosten einsparen. In wissenschaftlichen Untersuchungen konnten gegenüber einer schlageinheitlichen Applikation bei Unkräu-

tern 20-60 % und bei Ungräsern 50-80 % der Pflanzenschutzmittel eingespart werden. Eine praxisrelevante, jedoch in der Regel sehr kosten- und zeitintensive Variante, ist die manuelle Bonitur von Ackerunkrautnestern, auf deren Basis in einem weiteren Schritt Applikationskarten für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln erstellt werden (HÜTER ET AL. 2005).

Seit Ende der 1990er Jahre sind optoelektrische Sensoren zur Steuerung der variablen Pflanzenschutzapplikation auf dem Markt. Wirklich praktikable Lösungen gibt es bisher nur für Kulturen mit einem weiten Reihenabstand wie Mais oder Zuckerrübe. In Deutschland haben sich diese Methoden jedoch bislang noch nicht durchsetzen können. Bei diesen Verfahren werden vorhandene Unterschiede der Lichtreflexion durch den Boden bzw. die grüne Pflanze im roten und infraroten Spektralbereich genutzt. Photodioden erfassen den reflektierten Rot- und Infrarotanteil des Lichtes. Durch Quotientenbildung (Infrarot/Rot) bzw. Differenzbildung (Infrarot minus rot) kann der Anteil der grünen Pflanzen bestimmt werden. Im Keimblattstadium der Unkräuter kann von dem Sensorsignal direkt auf die Anzahl der Unkrautpflanzen pro Quadratmeter geschlossen werden. Da dieses Verfahren nicht zwischen einzelnen Unkräutern unterscheiden kann, muss der Landwirt das passende Herbizid zuvor auswählen (DAMMER 2004).

Ein weiteres Verfahren, mit dessen Hilfe verschiedene Ackerunkräuter erkannt werden können, ist das digitale Bildanalyseverfahren. Bei diesem Verfahren werden mit Hilfe von Kameras während der Überfahrt Anzahl und Art der Ackerunkräuter erfasst. Über Konturenmerkmale können die Ackerunkräuter von den Kulturpflanzen unterschieden werden und das passende Herbizid positionsgenau ausgebracht werden. Dieses Verfahren befindet sich bisher noch im Entwicklungsstadium (SÖKEFELD ET AL. 2007).

Alle Verfahren greifen auf die gleichen Applikationstechniken für die variable Ausbringung zurück. Der Großteil moderner Pflanzenspritzen verfügt über eine elektronische Steuerung, die auf Sensorsignale reagiert bzw. in der Lage ist, Applikationskarten abzuarbeiten. Über einen Jobrechner können Pumpen, Ventile und Elektronik der Spritze einzeln angesteuert werden, so dass sich einzelne Düsen bzw. Düsengruppen schließen und öffnen lassen und so die applizierte Menge Pflanzenschutzmittel variiert werden kann (vgl. Abbildung 2.21). Die neuesten Entwicklungen sind Direkteinspeisungssysteme, bei denen sich im

Tank nur klares Wasser befindet, welches nach Bedarf mit Pflanzenschutzmitteln aus einem separaten Behälter vermischt und appliziert wird. Der Vorteil von diesem Verfahren ist das Wegfallen der Pflanzenschutzmittelresten (HÜTER ET AL. 2005).

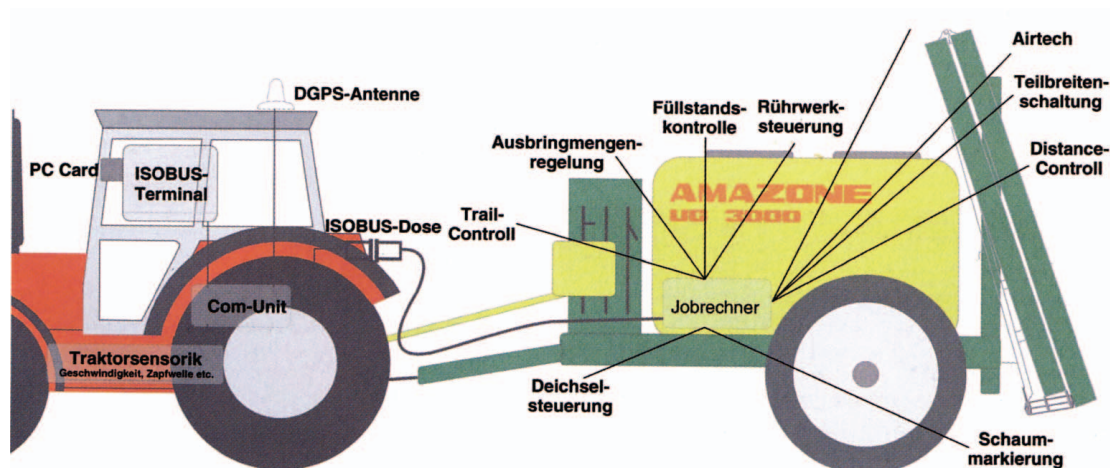


Abbildung 2.21: Funktionsweise einer Pflanzenschutzspritze mit Jobrechner

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 15)

2.2.4 Parallelfahreinrichtungen und automatische Lenksysteme

Parallelfahreinrichtungen und automatische Lenksysteme unterstützen die Landwirte bei der Feldarbeit, die exakten Abstände der Fahrspuren einzuhalten und so eine unerwünschte Überlappung zwischen den Fahrspuren zu vermeiden. Auf diese Weise kann der Landwirt Arbeitszeit, Maschinenstunden und Betriebsmittel einsparen. Außerdem ermöglichen diese Systeme auch bei schlechten Sichtverhältnissen, verursacht durch Nebel, Staub und Dunkelheit, eine exakte Arbeitsweise. Parallelfahreinrichtungen greifen nicht in die Lenkung ein. Diese Systeme sind manuell ausgerichtete Systeme, bei denen der Landwirt über LEDs oder Leuchtbalken angezeigt bekommt, welchen Lenkwinkel er einschlagen soll, um die

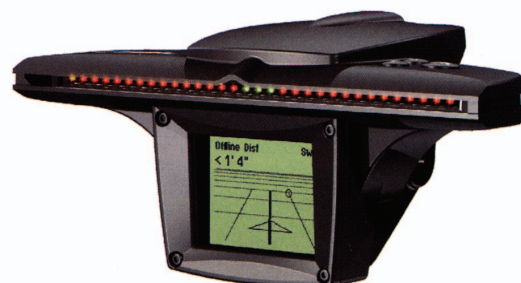


Abbildung 2.22: Parallelfahreinrichtung, Leuchtbalken mit LED zur Anzeige der richtigen Fahrspur

Quelle: (HÜTER ET AL. 2005, S. 22)

Spur zu halten (vgl. Abbildung 2.22). Als vorteilhaft erweisen sich bei diesem System die geringen Anschaffungskosten und die einfache Montage. Besonders bei Arbeiten ohne Fahrgassen und bei großen Arbeitsbreiten lohnt sich der Einsatz dieser Systeme. Die Führungslinie kann entweder mit Hilfe eines hochgenauen DGPS oder über das Messen von realen Feldmerkmalen (Bestandeskanten, vorhandene Fahrspuren über Laserabtastung, 2D- und 3D Bildauswertung) generiert werden (KLOEPFER 2004).

Automatische Lenksysteme hingegen greifen direkt in die Fahrzeuglenkung ein und korrigieren automatisch die Spur. Der Landwirt muss das Fahrzeug lediglich an die Fahrspur heranfahren. Je nach verwendetem System beträgt die Genauigkeit 1-5 m. Diese Systeme sind immer Bestandteil des Fahrzeugs und eng mit der Fahrzeugelektronik vernetzt. Deshalb lassen sie sich nicht so leicht nachrüsten wie Parallelfahreinrichtungen (HÜTER ET AL. 2005).

2.2.5 LBS/ ISOBUS

Eine grundlegende Voraussetzung für Precision Farming ist eine funktionierende Kommunikation zwischen den verschiedenen Maschinenkomponenten (Bordcomputer, GPS-Empfänger, Jobrechner). Um diese zu gewährleisten, ist es erforderlich, genormte Anschlüsse und Protokolle am Markt zu etablieren. Bereits Mitte der 80er Jahre wurde damit begonnen, Hersteller übergreifende Lösungen für die schon damals vorhandenen Kompatibilitätsprobleme zu entwickeln. Diese ersten Überlegungen mündeten 1997 in eine Vereinbarung über ein landwirtschaftliches BUS System (Binary Unit System), welches in der DIN 9684 Teil 1-5 festgelegt wurde. Diese erste DIN legte Richtlinien für die Kommunikation zwischen allen mobilen, landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Arbeitsgeräten sowie für die Datenübertragung fest. Grundlage ist das in der Automobilindustrie verwendete CAN Protokoll. Da es sich bei der neu geschaffenen DIN 9684 um einen nationalen Standard handelte, wurde dieser nur von einem Teil der Hersteller umgesetzt. Der Großteil der Hersteller setzte weiterhin auf eigene, unternehmensspezifische Kommunikationsstandards, sogenannte geschlossene Systeme. Mit der Einführung des ISO 11783 in den Jahren 2002/2003 wurde ein erster Standard auf internationaler Ebene geschaffen. Dieser baut in weiten Teilen auf der DIN 9684 auf. Der ISO 11783 legt die

Grundlagen für das System fest, definiert die Kommunikation zwischen Traktor und Gerät und legt die physikalischen Parameter sowie die Datenformate und -inhalte fest. Alle Anforderungen konnten bisher noch nicht komplett umgesetzt werden, so arbeiten die Hersteller beispielsweise noch an einer universellen Datenbeschreibungssprache XML. Die im ISO 11783 festgelegten Standards sollen zukünftig von allen Landtechnik- und Softwareherstellern umgesetzt werden. Inwieweit die neue Norm eingehalten wird, soll zukünftig von der DLG Prüfstelle kontrolliert werden. Die erfolgreich getesteten Produkte werden mit einem ISOBUS Siegel gekennzeichnet (Werner et al. 2002a; LUDOWICY ET AL. 2002).

2.3 Forschungsprojekt preagro

Das vom BMBF geförderte, interdisziplinäre Forschungsverbundprojekt preagro, in dessen Rahmen die vorliegende Arbeit entstand, verlief in 2 Projektphasen: preagro I (1999 bis einschließlich 2002, Förderkennzeichen 0339740) und preagro II (vom 10/2004 bis 03/2008, Förderkennzeichen 0339740/2). Die erste Projektphase mit dem übergeordneten Titel: „Managementsystem für satellitengestützten, ortsspezifischen Pflanzenbau zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Landwirtschaft und zur Förderung ihrer Umweltleistungen“ (WERNER 2002, S. 4) hatte das Ziel, allgemeingültige und übertragbare Bewirtschaftungsregeln für den teilflächenspezifischen Pflanzenbau zu erarbeiten, um so dessen Verbreitung in der landwirtschaftlichen Praxis zu fördern. Hierfür sollten die zu Beginn der ersten Projektphase bereits vorhandene Technologien und Verfahren des teilflächenspezifischen Pflanzenbaus zu einem vernetzten System aufeinander abgestimmter Methoden und Techniken weiterentwickelt werden. Dieses System soll den Landwirt bei der Entscheidungsfindung in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion unterstützen (WERNER 2002).

Die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen zur Entwicklung des allgemeingültigen Managementsystems wurden in 22 Teilprojekten von 17 Projektpartnern aus Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen, der Software- und Landtechnikindustrie sowie Dienstleistungsunternehmen entwickelt. Die Erprobung der entwickelten pflanzenbaulichen Maßnahmen erfolgte in Zusammenarbeit mit 16 verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben

verteilt auf 8 Regionen Deutschlands sowie in Kooperation mit Lohnunternehmern und einem Maschinenring. Die Standorte der Praxisflächen waren über das gesamte Bundesgebiet verteilt und repräsentierten die wesentlichen Ackerbauregionen als auch die unterschiedlichen Boden- und Klimazonen in Deutschland. Auf diese Weise sollte sicher gestellt werden, dass die in der ersten Projektphase erarbeiteten Regeln und Algorithmen zumindest für die wichtigsten Anbauggebiete Deutschlands Gültigkeit besitzen (WERNER ET AL. 2002b). Die in der ersten Projektphase erarbeiteten Regeln und Algorithmen beziehen sich ausschließlich auf die Fruchtart Winterweizen, welche auf wechselnden Schlägen der verschiedenen landwirtschaftlichen Betriebe angebaut wurden. Für die zweite Projektphase mit dem Titel „Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung“ bestand der Forschungsbedarf daher unter anderem darin, die ermittelten Regeln und Algorithmen auf andere Fruchtarten zu übertragen und „die von preagro entwickelte Technologie des Precision Agriculture auf die Situation des Gesamtbetriebes“ zu erweitern (WERNER 2002, S. 16). Durch die Erweiterung auf die Gesamtbetriebsebene nimmt die Komplexität pflanzenbaulicher Entscheidungen deutlich zu, da Aspekte wie Fruchtfolge, Betriebsablauf, Datenmanagement etc. nun berücksichtigt werden müssen. Deshalb war es erforderlich, das Informationsmanagement und die Datenbereitstellung zu vereinfachen und die dafür notwendigen Dokumentationsprozesse teilweise zu automatisieren. Gleichzeitig sollte die Entscheidungsunterstützung für pflanzenbauliche Maßnahmen erweitert und vereinfacht werden. Ein weiteres Ziel von preagro II war die Operationalisierung des Nachhaltigkeitskonzeptes auf Betriebsebene. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine ökonomische, volkswirtschaftliche und ökologische Beurteilung der teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion auf betrieblicher, regionaler und überregionaler Ebene durchgeführt. Außerdem sollten ausgewählte betriebliche Informationsflüsse in die Wertschöpfungskette der Lebensmittelerzeugung zu Bewertungs- und Dokumentationszwecken integriert werden. Ferner verfolgte preagro II das Ziel einer Förderung des Praxistransfers von Precision Farming Technologien. Hier war es notwendig, die Akzeptanz und räumliche Verbreitung dieser Technologien bei den Landwirten sowie den Bedarf an Aus- und Weiterbildung für Precision Farming zu ermitteln und

darauf aufbauend entsprechende Ausbildungskonzepte zu entwickeln (PREAGRO AUTORENKOLLEKTIV 2008).

Die Erarbeitung der genannten Ziele erfolgte im Projektverbund. An der Projektarbeit waren 22 Einrichtungen aus dem Bereich der universitären, außeruniversitären und industriellen Forschung sowie wissenschaftlich ausgerichtete Institutionen im landwirtschaftlichen Sektor, die einen Transfer aus der Forschung in die Praxis unterstützen, beteiligt. Die pflanzenbaulichen Versuche wurden auf den Betriebsflächen der beiden Partnerbetriebe WIMEX in Baasdorf (Sachsen-Anhalt) und auf dem Betrieb Täger-Farny in Volksmarsdorf (Niedersachsen) durchgeführt (PREAGRO AUTORENKOLLEKTIV 2008). Die formulierten Ziele von preagro II wurden auf 4 Projektbereiche mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten aufgeteilt und innerhalb der Projektbereiche von den verschiedenen Teilprojekten bearbeitet. Die einzelnen Projektbereiche zeichnen sich durch eine starke Vernetzung und Kooperation aus. Die Vernetzung wurde zusätzlich durch die Schaffung von Querschnittsprojekten unterstützt (siehe Abbildung 2.23). Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen der Projektarbeit von Teilprojekt 6, welches sich mit der Akzeptanz von Precision Farming in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland beschäftigt.

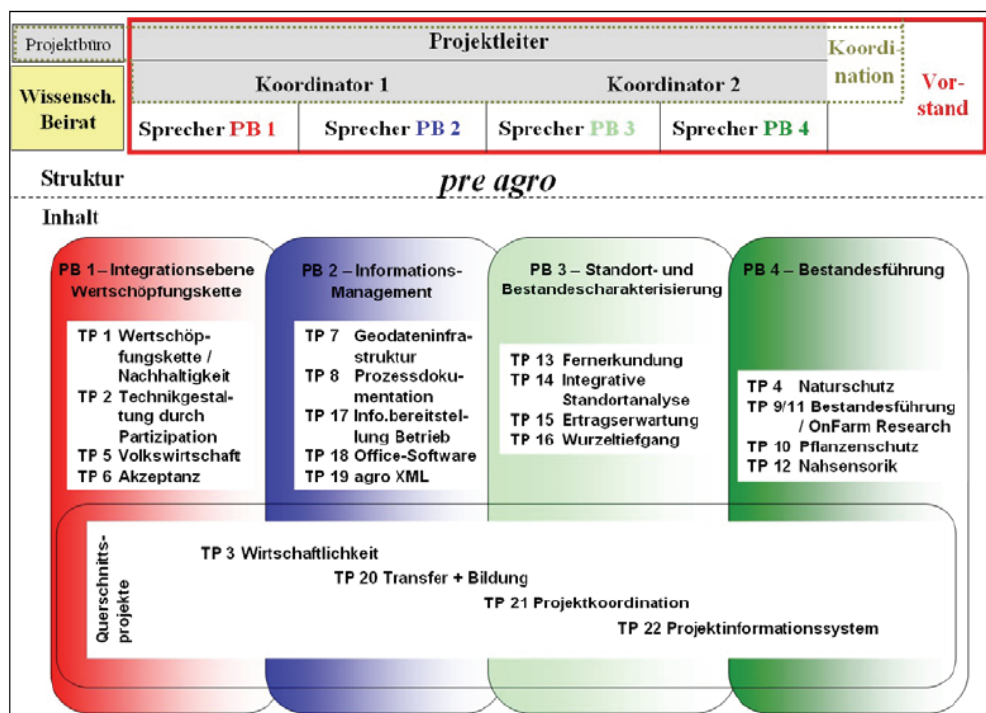


Abbildung 2.23: Projektstruktur von preagro II

Quelle: (AUTORENKOLLEKTIV PREAGRO 2008, S. 37)

3 Precision Farming - Stand der Forschung

Precision Farming Anwendungen haben sich seit Anfang der 1990er Jahre langsam in der landwirtschaftlichen Praxis verbreitet. Im Vergleich zu anderen Innovationen in der Landwirtschaft erfolgte die Diffusion von Precision Farming Technologien in die landwirtschaftliche Praxis bisher nur zögerlich und ist bis heute deutlich hinter den ursprünglichen Erwartungen der Industrie zurück geblieben. Die weltweite Verbreitung dieser Technologie variiert sowohl räumlich als auch zeitlich sehr stark. Precision Farming hat sich besonders in Ländern verbreitet, in denen die Personalkosten im Vergleich zu den Kosten für Kapital und Land relativ hoch sind. Zu diesen Ländern zählen speziell die USA und Kanada. Hier hat sich Precision Farming zuerst verbreitet, und diese Länder haben weltweit den größten Anteil an Precision Farming Nutzern. Aber auch Länder wie Australien, in Teilen Argentinien und Brasilien, weisen im Verhältnis zu den Kosten für Kapital und Land hohe Personalkosten auf (SWINTON & LOWENBERG-DEBOER 2001). In Regionen Westeuropas hingegen, in denen zwar ausreichend Humankapital sowie finanzielles Kapital vorhanden ist, jedoch aufgrund des hohen Bevölkerungsdruckes weniger landwirtschaftliche Fläche zur Verfügung steht, wird sich Precision Farming nach Meinung vieler Experten deutlich langsamer verbreiten.

3.1.1 Nordamerika

In den USA haben sich Precision Farming Technologien im Vergleich zu anderen Ländern relativ früh und weitläufig verbreiten können. Eine seit 1996 jährlich vom National Research Council der USA durchgeführte Umfrage mit Landhändlern zeigt einen deutlichen Zuwachs des Dienstleistungsangebotes im Precision Farming Bereich. Bereits 1996 haben 13 % der interviewten Landhändler ihren Kunden eine variable Ausbringung von Düngemitteln², 29 % der Landhändler haben eine GPS-gestützte Rasterbodenkartierung und 15 % eine GPS-Ertragskartierung angeboten (NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1997; AKRIDGE & WHIPKER 1996). Bis 2008 ist der Anteil der Landhändler, die eine variable Düngerausbringung offerieren, auf 56 % bei Einfachdünger und 33 % bei Mehrfach-

² Bei dieser Untersuchung wurde nicht nach Einfach- bzw. Mehrfachdüngern unterschieden.

dünger angestiegen. Diese enorme Steigerung ist besonders auf die Zunahme der Anbauflächen für Getreide und die deutlichen Preissteigerungen beim Dünger zurückzuführen. Die GPS-gestützte Rasterbodenkartierung wird inzwischen von 53 % der Landhändler und die GPS-Ertragskartierung von 34 % der Landhändler angeboten (AKRIDGE & WHIPKER 2008). Die prozentuale Zunahme des Dienstleistungsangebotes im Precision Farming Bereich seit 2003 ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

Neben diesen schon recht früh verbreiteten Technologien bieten viele Landhändler ihren Kunden inzwischen eine GPS-Flächenvermessung (47 %) und eine variable Aussaat (15 %) an (vgl. Abbildung 3.1). Onlinesensoren, wie der Yara N-Sensor, hingegen werden erst von wenigen Landhändlern (2008: 2,6 %) eingesetzt. Diese noch vergleichsweise junge Technologie ist in den USA bisher nicht so weit verbreitet wie andere Precision Farming Technologien. Gegenüber 2007 hat sich jedoch ihre Anwenderzahl unter den amerikanischen Landhändlern verdoppelt, so dass Experten für die Zukunft eine relativ schnelle Verbreitung des Yara N-Sensors voraussagen (AKRIDGE & WHIPKER 2008).

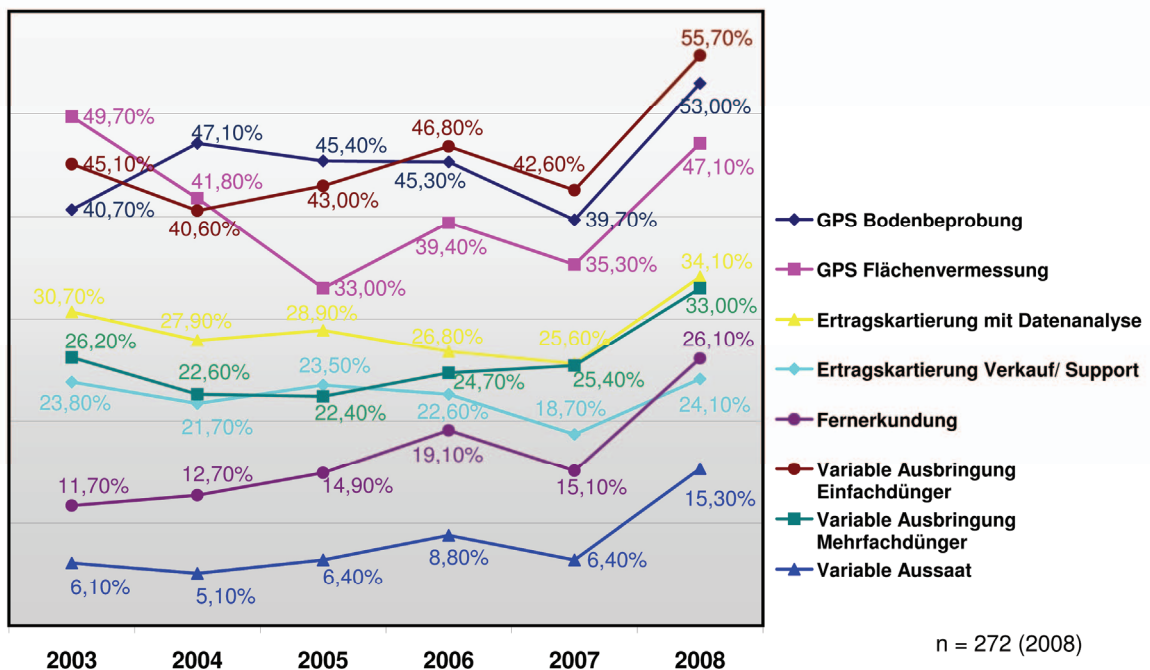


Abbildung 3.1: Dienstleistungsangebot der US amerikanischen Landhändler zu Precision Farming

Quelle: (AKRIDGE & WHIPKER 2008, S. 14–15, verändert)

Seit ihrer Markteinführung 2003 konnten sich Parallelfahreinrichtungen und automatische Lenksysteme gut und schnell in der Praxis etablieren. Viele Landhändler setzen diese Systeme auf ihren Maschinen ein. Wie Abbildung 3.2 zeigt, hat die Nutzung beider Systeme seit 2004 kontinuierlich zugenommen. Der Anteil der Landhändler, die Lenksysteme mit einer manuellen Steuerung einsetzen, lag 2008 bei 73 %. Zum gleichen Zeitpunkt haben bereits 37 % der befragten Landhändler Geräte mit einer vollautomatischen Steuerung eingesetzt (AKRIDGE & WHIPKER 2008).

Die relativ hohe Akzeptanz von Precision Farming Technologien bei den amerikanischen Landhändlern lässt sich jedoch nicht ohne weiteres auf die Landwirte übertragen. Verschiedene Studien gehen davon aus, dass das momentane Angebot an Precision Farming Dienstleistungen die Anzahl tatsächlicher Praxisanwendungen deutlich übersteigt (LOWENBERG-DEBOER 2003; DABERKOW ET AL. 2002).

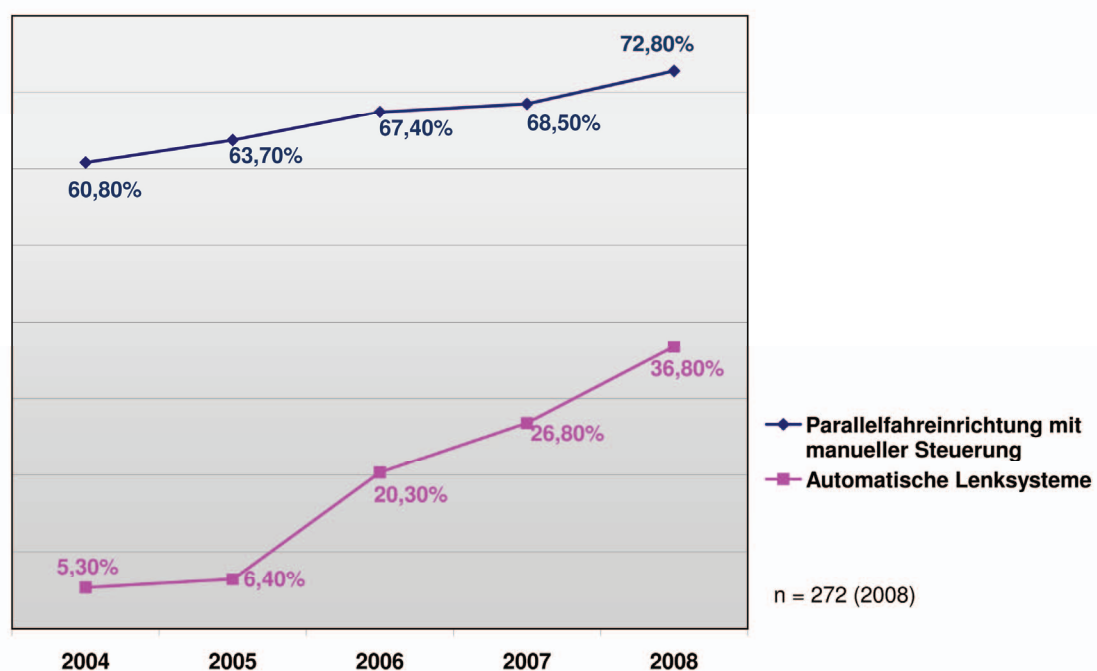


Abbildung 3.2: Einsatz von Parallelfahreinrichtungen und automatischen Lenksystemen

Quelle: (AKRIDGE & WHIPKER 2008, S. 13, verändert)

Aktuelle Zahlen, wie viele amerikanische Landwirte Precision Farming Technologien auf ihren Betrieben einsetzen, liegen nicht vor. Ausgehend von einer 1998 durch das US Department of Agriculture durchgeführten repräsentativen

Umfrage mit Landwirten, wird der Anteil der tatsächlichen Precision Farming Anwender auf lediglich 4 % im Landesdurchschnitt geschätzt (DABERKOW & MCBRIDE 2000). Da die Nutzer von Precision Farming Technologien häufig überdurchschnittlich große Betriebe bewirtschaften, entspricht die Quote von 4 % in etwa einer Flächengröße von 25 Mio. Hektar, was in etwa einen Anteil von 14 % der gesamten Anbauflächen der USA ausmacht (DABERKOW & MCBRIDE 2000). Die ermittelten Ergebnisse variieren räumlich deutlich. Anbauregionen, wie der Mittlere Westen der USA (Heartland), mit einer hohen Getreide- und Sojabohnenproduktion, haben einen Anteil von 16 % Precision Farming Nutzern. Andere Anbauregionen hingegen, wie der Südosten der USA, haben nur einen geringen prozentualen Nutzerranteil von 1,2 % (DABERKOW & MCBRIDE 2000; DABERKOW & MCBRIDE 2003; SWINTON & LOWENBERG-DEBOER 2001; GRUSY 2003). Die Umfrageergebnisse von 1998 zeigen, dass die GPS-Bodenkartierung, die teilflächenspezifische Düngung, gefolgt von der Ertragsmessung ohne GPS und der GPS-Ertragskartierung, zu dieser Zeit am weitesten verbreitet waren. Wie die Ergebnisse aus den ARMS-Untersuchungen³ zeigen, hat ihr Anteil seit dieser Zeit kontinuierlich zugenommen. Abbildung 3.3 zeigt den aktuellen Stand, der durch Precision Farming Technologien abgedeckten Flächenanteile in den USA. Wie aus Abbildung 3.3 hervor geht, haben sich Parallelfahrssysteme inzwischen am stärksten in der Praxis durchsetzen können. Für die Zukunft gehen Prognosen von einer weiteren Zunahme aus. Obwohl diese Technologie erst seit wenigen Jahren auf dem Markt ist, hat sie sich inzwischen rasant verbreiten können. Im Vergleich zu anderen Precision Farming Methoden ist der Einsatz von Parallelfahrssystemen kostengünstig. Diese Systeme lassen sich leicht nachrüsten, erfordern kaum Einarbeitungszeit, und das Einsparpotenzial ist sofort erkennbar. Automatische Lenksysteme weisen dem gegenüber aufgrund deutlich höherer Kosten bisher einen geringen Verbreitungsgrad auf (VANACHT 2008). Bei den klassischen Precision Farming Technologien haben nach wie vor die Methoden der Datenerfassung, wie die GPS-Ertragskartierung und die GPS-Bodenbeprobung, den größten Flächenanteil. Von den VR-Technologien konnte sich die variable Düngemittelapplikation flächenmäßig am weitesten verbreiten. Im Vergleich dazu werden Fernerkun-

³ ARMS = Agricultural Resource Management Survey

ungsdaten nach wie vor kaum in der Praxis eingesetzt (VANACHT 2008; GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005).

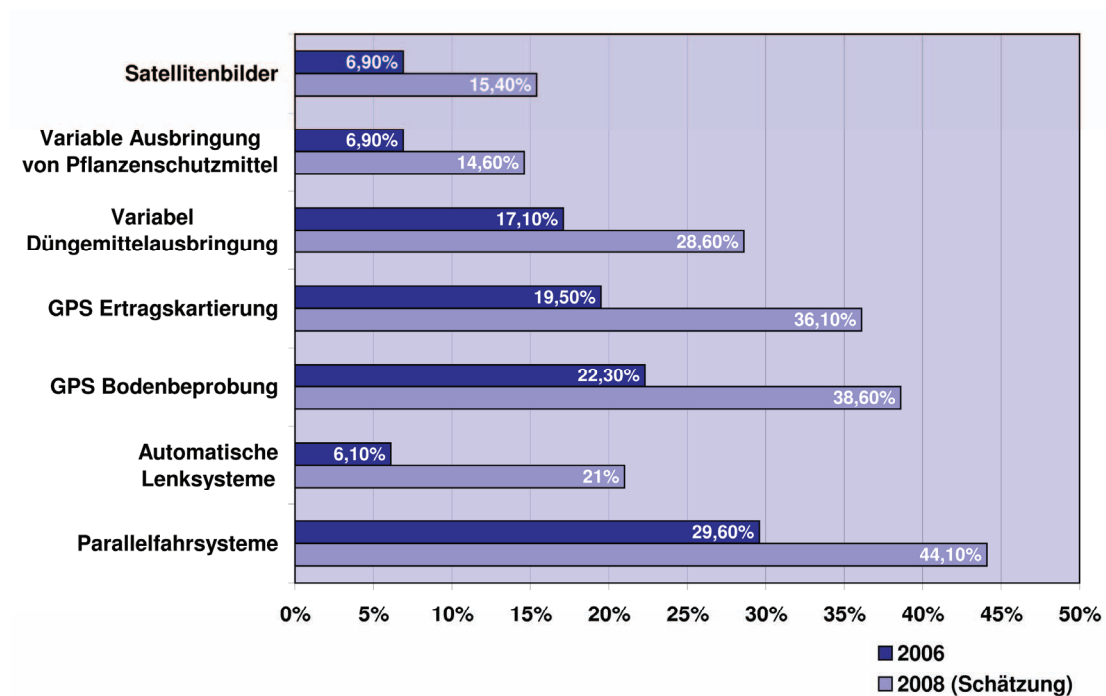


Abbildung 3.3: Prozentualer Anteil der durch Precision Farming abgedeckten Flächen

Quelle: (VANACHT 2008, S. Folie 43, verändert)

Verschiedene empirische Studien deuten darauf hin, dass der Praxiseinsatz von Precision Farming Technologien in den USA zukünftig weiter anwachsen wird. Es wird davon ausgegangen, dass in wenigen Jahren mehr als 50 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche der USA mit Hilfe von Precision Farming Techniken bewirtschaftet werden. Vor allem Parallelfahrssysteme, die GPS-Bodenbeprobung, die GPS-Ertragskartierung sowie die variable Ausbringung von Düngemitteln werden als zukunftsicher angesehen (SUDDUTH 2007; PEDERSEN ET AL. 2004; GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005; VANACHT 2008).

Die Verbreitung von Precision Farming in Kanada ist vergleichbar zu der Situation in den USA. Experten schätzen, dass 5 % der kanadischen Landwirte verschiedene Precision Farming Technologien einsetzen. Zumindest die Ertragsmessung und die variable Ausbringung von Düngemitteln sind favorisierte Verfahren. Vergleichbar mit der Situation in den USA, erfolgt die variable Düngung überwiegend durch Lohnunternehmer oder Landhändler. Im Gegensatz zu Eu-

ropa wird in den USA und Kanada häufiger das Dienstleistungsangebot von Landhändlern und Lohnunternehmern genutzt, da vergleichsweise weniger Landwirte eigene Maschinen besitzen (GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005), (SWINTON & LOWENBERG-DEBOER 2001).

3.1.2 Südamerika

Für Südamerika liegen mit Ausnahme von Argentinien und Brasilien keine Untersuchungsergebnisse zur Verbreitung von Precision Farming Technologien vor. In Argentinien haben einzelne Regionen, wie die humiden Pampas, aufgrund ihrer Agrarstruktur und der vorhandenen ökonomischen Bedingungen die notwendigen Voraussetzungen für einen rentablen Einsatz einzelner Precision Farming Technologien. Seit 1996 haben sich in Argentinien vor allem zunächst die GPS-Ertragskartierung und später Parallelfahrssysteme und automatische Lenksysteme relativ schnell in der Praxis durchsetzen können. Argentinien ist nach den USA, Kanada und Europa das Land mit dem höchsten Nutzeranteil von GPS-Ertragsmessgeräten. 2005 waren 1500 Ertragsmessgeräte im Einsatz. Dies entspricht einer Dichte von 64 Ertragsmessgeräten pro Millionen Hektar, im Vergleich dazu lag 2005 die Dichte in den USA bei 335 Ertragsmessgeräten pro Millionen Hektar, in Deutschland bei 523 Ertragsmessgeräten pro Millionen Hektar (GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005). Ähnlich schnell haben sich Parallelfahrssysteme und automatische Lenksysteme verbreiten können. 2005 waren insgesamt in Argentinien 4020 Geräte im Einsatz (vgl. Tabelle 3.1).

Variable Applikationstechnologien (für Dünger, Saatgut und Pflanzenschutzmittel) kommen in Argentinien hingegen bisher kaum zum Einsatz (vgl. Tabelle 3.1). Das Interesse der Landwirte an diesen Technologien ist zwar deutlich größer als in den USA, die Verbreitung ist jedoch aufgrund der hohen Investitionskosten, der instabilen Märkte für Agrarprodukte und der erschwerten Kreditvergabe für Landwirte eher gering. Zudem ist der Grad der durch Managementfehler hervorgerufenen Bodenvariabilität deutlich geringer als in den USA und Europa. Der Großteil der argentinischen Ackerflächen ist sehr jung, da viele Flächen erst vor wenigen Jahren von Weideland in Ackerland umgewandelt wurden. Darüber hinaus werden Düngemittel erst über einen vergleichsweise kurzen

Zeitraum in Argentinien im Ackerbau eingesetzt und haben entsprechend eine deutlich geringere Verbreitung im Vergleich zu Europa und den USA (BONGIOVANNI & LOWENBERG-DEBOER 2006). Der in Tabelle 3.1 aufgezeigte Trend wird sich nach Meinung vieler Experten auch zukünftig weiter fortsetzen. Insbesondere die hohen Kosten für die erforderlichen Bodenanalysen verhindern eine weitere Verbreitung variabler Applikationstechnologien (BONGIOVANNI & LOWENBERG-DEBOER 2006).

Tabelle 3.1: Anzahl der in Argentinien eingesetzten Precision Farming Technologien in Geräteinheiten

Quelle: (BONGIOVANNI & LOWENBERG-DEBOER 2006, S. 619, verändert)

Technologie	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ertragsmessgeräte mit GPS	25	75	155	270	400	420	600	850	1300
Ertragsmessgeräte ohne GPS	25	125	145	180	160	180	250	350	200
Ertragsmessgeräte insgesamt	50	200	300	450	560	600	850	1200	1500
VRT Düngung	3	4	5	6	12	14	25	40	120
Parallelfahrssysteme / automatische Lenksysteme	0	10	70	200	400	500	2000	2603	4020
N Sensor	0	0	2	2	4	5	6	7	7

Die Situation in Brasilien bietet schlechte Voraussetzungen für eine weitreichende Einführung von Precision Farming. Dies liegt zum einen an der vorherrschenden Agrarstruktur Brasiliens mit niedrigen Kosten für Land und Arbeitslohn und den gleichzeitig relativ hohen Kosten für die importierte Technologie. Zum anderen sind IT Technologien allgemein in der brasilianischen Landwirtschaft bisher nur wenig verbreitet. Dennoch haben einzelne Regionen Brasiliens, wie das Cerrados⁴, aufgrund ihrer sehr großen Flächenstrukturen und der überdurchschnittlich großen Betriebsstrukturen, günstige Voraussetzungen für einen Einsatz dieser Technologie (ROLOFF & FOCHT 2006).

Ausgehend von einer im März 2006 durchgeführten Umfrage mit Vertretern der wichtigsten Landtechnikhersteller und Serviceanbieter, wird der Verbreitungs-

⁴ Cerrados = Savannenregion in Zentral-Brasilien mit einer Fläche von 2 Mio qm²

grad von Precision Farming in Brasilien jedoch nach wie vor als gering eingestuft. Nach Aussage der befragten Experten befindet sich Precision Farming noch in einem Anfangsstadium und hat sich bisher nur auf einzelnen sehr großen Betrieben verbreitet (ROLOFF & FOCHT 2006).

Zusätzlich zu den bereits oben angeführten schlechten Ausgangsbedingungen für eine Einführung befindet sich die brasilianische Agrarökonomie aufgrund fallender Weltmarktpreise für Getreide seit 2004 im Abschwung. Deshalb scheuen bisher viele brasilianische Landwirte die hohen Investitionskosten, zumal nach wie vor keine allgemeingültigen Aussagen zur Rentabilität von Precision Farming Technologien vorliegen. Auch für die Zukunft gehen verschiedene Experten davon aus, dass sich Precision Farming nur vereinzelt durchsetzen wird (ROLOFF & FOCHT 2006; GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005). Tabelle 3.2 zeigt, welche Precision Farming Technologien in Brasilien im Einsatz sind. Zu den Technologien, die sich bisher am weitesten verbreiten konnten, zählen Parallelfahrssysteme, Ertragsmessgeräte, die GPS-Bodenkartierung und die variable Ausbringung von Dünger. Bezogen auf die Anbaufläche von Brasilien, welche 2002 bei 58,9 Mio. ha Ackerland lag, ist der Verbreitungsgrad jedoch als äußerst gering einzustufen (ROLOFF & FOCHT 2006). Ein Indikator für die niedrige Verbreitung ist die geschätzte Dichte von 4 GPS-Ertragsmessgeräten pro Mio. ha (GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005).

Tabelle 3.2: Verbreitung von Precision Farming Technologien in Brasilien⁵

Quelle: (ROLOFF & FOCHT 2006, S. 639, verändert)

Technologie	Verbreitung
Parallelfahrssystem	2500 Geräte
Ertragsmessgeräte (für Getreide)	1200 Geräte
Düngespritze mit Vorrichtung für eine variable Spritztechnik	20 Geräte
GIS Software Paket	50 Pakete
GPS-Bodenkartierung	2000000 ha
VRT Düngerausbringung	1800000 ha

⁵ Die angegebenen Zahlen basieren auf Schätzungen von Landtechnikherstellern und Landhändlern, welche im Rahmen einer im März 2006 durchgeführten Umfrage erhoben wurden.

3.1.3 Australien

Australien gehört, ähnlich wie die USA, zu den Ländern, für die Experten eine schnelle Verbreitung von Precision Farming Technologien prognostiziert haben. Ein wesentlicher Faktor für diese Einschätzung sind der Arbeitskräftemangel im australischen Landwirtschaftssektor und die im Verhältnis zu Kapital und Land hohen Lohnkosten (COOK ET AL. 2006). Ferner erhalten Landwirte in Australien, im Gegensatz zu ihren Kollegen im Ausland, kaum staatliche Förderung und sind daher gezwungen, mit einem Maximum an Wirtschaftlichkeit ihre Betriebe zu führen. Diese Faktoren begünstigen den Einsatz von Precision Farming Technologien (COOK ET AL. 2006).

Seit Anfang der 1990er Jahre hat sich Precision Farming schrittweise in Australien verbreitet, jedoch konnte sich diese Bewirtschaftungsweise bisher nicht bei der Mehrheit der australischen Landwirte durchsetzen. Der Anteil an Landwirten, die einzelne Precision Farming Technologien anwenden, wurde 2001 auf unter 5 % geschätzt (COOK ET AL. 2006; SWINTON & LOWENBERG-DEBOER 2001). Je nach Anbauregion variiert der Verbreitungsgrad merklich. In Regionen mit einem hohen Anteil an Getreideanbauflächen, sind Precision Farming Technologien wesentlich stärker verbreitet als in anderen Regionen (JOCHINKE ET AL. 2007). Dennoch befindet sich Precision Farming trotz des großen Interesses bei Landwirten und Agrarindustrie nach wie vor im Anfangsstadium. Die GPS-Ertragsmessung, der Einsatz von Fernerkundungsdaten sowie die Nutzung automatischer Lenksysteme haben sich in Australien am schnellsten und weitesten verbreiten können. Mit der Weiterentwicklung des GNSS Systems seit 1999 ist es möglich geworden, Parallelfahrssysteme und automatische Lenksysteme zu nutzen. Der Einsatz dieser Systeme bei der Düngung oder zur Kontrolle der Flächenbelastung durch Befahrung (controlled traffic farming (CTF)) ist in Australien weit verbreitet. Es liegen jedoch keine genauen Zahlen dazu vor, wie viele Geräte im Einsatz sind (WHELAN 2007). Die GPS-Ertragsmessung hat sich schnell verbreiten können. In der Erntesaison 2000 waren ungefähr 800 Ertragsmessgeräte im Einsatz, welches einer Dichte von 42 Ertragsmessgeräten pro Millionen Hektar entspricht. Zur gleichen Zeit lag die Dichte für Ertragsmessgeräte in den USA bereits bei 335 Geräten pro 1 Mio. ha. Bis 2006 hat die Verbreitung von GPS-Ertragsmessgeräten spürbar zugenommen. Diese Technologie wird mehr und mehr zum Standard, da die neuen Mähdrescher inzwi-

schen vom Werk aus mit Ertragsmessgeräten ausgestattet sind (WHELAN 2007; GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005; COOK ET AL. 2006). Obwohl die Böden in Australien eine starke Heterogenität, insbesondere bei den bodenphysikalischen Eigenschaften aufweisen, werden Applikationstechnologien zur variablen Ausbringung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln bisher kaum verwendet. Genaue Angaben zum Verbreitungsgrad dieser Technologien liegen nicht vor. Bei einer Umfrage unter 146 Landwirten im Weizengürtel Australiens⁶ gaben 2% der interviewten Landwirte an, VR-Technologien auf ihren Betrieben einzusetzen (JOCHINKE ET AL. 2007).

Trotz der bis heute nur geringen Verbreitung von Precision Farming Technologien in Australien, sind sich die Experten einig, dass diese Technologie in Zukunft in irgendeiner Form zum Standard wird. In welcher Weise sie sich verbreiten wird ist zurzeit noch ungewiss. Der Großteil der Experten hält die Einführung und Nutzung von Precision Farming Technologien für notwendig, um im internationalen Wettbewerb konkurrenzfähig zu bleiben. Um die Akzeptanz dieser Technologien zu fördern, ist es dringend erforderlich neben einer Kostenreduzierung, die Forschung und Entwicklung sowie das Beratungsangebot im Precision Farming Bereich deutlich zu verbessern (JOCHINKE ET AL. 2007; COOK ET AL. 2006).

3.1.4 Asien

In Asien wird Precision Farming aktuell so gut wie gar nicht in der Praxis eingesetzt. Lediglich im Rahmen von Forschungsprojekten werden auf Versuchsbetrieben vereinzelt Precision Farming Technologien unter lokalen Bedingungen getestet. Ziel ist es, die vorhandenen importierten Technologien weiter zu entwickeln, so dass sie besser an die überwiegend klein strukturierte Landwirtschaft in Asien, wie sie vor allen Dingen in China, Indien, Japan, Korea und Malaysia vorliegt, angepasst sind. Aufgrund der natürlichen Standortbedingungen mit einer starken Variabilität der Böden, verweisen viele Experten darauf, dass sich einzelne Precision Farming Technologien zukünftig schrittweise in Asien durchsetzen werden. Der Umfang der Nutzung wird voraussichtlich anders sein als in den USA und Europa. Die hohen Investitionskosten für die notwendigen

⁶ The Australian Wimmera

Technologien übersteigen die finanziellen Möglichkeiten der meisten Landwirte dort. Deshalb eher kostengünstigere Methoden wie der Einsatz von Fernerkundungsdaten zur Erkennung und Bewirtschaftung teilflächenspezifischer Variabilitäten genutzt. Für einen umfassenden Einsatz in Asien, insbesondere in den ärmeren Entwicklungsländern, ist es dringend erforderlich, neben der Senkung der Anschaffungskosten, die Komplexität von Precision Farming zu reduzieren, um so auch weniger qualifizierten Landwirten eine Nutzung zu ermöglichen (SRINIVASAN 2006).

Obwohl die ehemaligen Ostblockländer bei vielen Landmaschinenherstellern als Markt der Zukunft im Precision Farming Bereich gelten, liegen bisher keine Zahlen zum Verbreitungsgrad im ehemaligen Ostblock vor. Die Voraussetzungen für einen effektiven Einsatz dieser Technologie sind aufgrund der enormen Flächengrößen gegeben. Insbesondere die Ukraine mit einer Ackerfläche von 32,5 Mio. ha, von denen mehr als die Hälfte sich auf Schwarzerdeböden befindet, ist prädestiniert für den Einsatz von Precision Farming. Obwohl die natürlichen Anbaubedingungen sehr gut sind, liegen die Hektarerträge um mehr als die Hälfte unter dem Niveau Westeuropas. Experten gehen davon aus, dass sich diese Ertragsreserven durch die Anwendung einer modernen Produktions- und Erntetechnik in Verbindung mit einem optimalen Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz besser nutzen ließe. Aufgrund der Kapitalknappheit der ukrainischen Landwirtschaft fördert der Staat die Ansiedlung ausländischer Investoren. Ein Teil der Getreideflächen wird bereits heute von ausländischen Unternehmen bewirtschaftet (PASCHER ET AL. 2006).

3.1.5 Afrika

Auf dem afrikanischen Kontinent sind Precision Farming Technologien bisher nicht vertreten. Ausnahmen bilden Südafrika und Zimbabwe. In beiden Ländern steht Precision Farming erst am Anfang mit einer entsprechend geringen räumlichen Verbreitung (SWINTON & LOWENBERG-DEBOER 2001; NELL ET AL. 2006).

Schätzungsweise liegt der Anteil der Nutzer von Precision Farming Technologien in Südafrika bei ein bis zwei Prozent (NELL ET AL. 2006). Die Verbreitung dieser Technologie konzentriert sich im Wesentlichen auf die drei Hauptanbauggebiete für Getreide und Sojabohnen: die Region um Johannesburg, Western

Cape und die Region um Kimberley. Seit 1996 werden verschiedene Precision Farming Dienstleistungen von Düngemittel- und Saatgutherstellern zum Teil auch von Kooperativen angeboten. Diese haben maßgeblich zur Einführung von Precision Farming in Südafrika beigetragen. Der angebotene Service umfasst die GPS gestützte Datenerfassung, Datenauswertung und -interpretation sowie die variable Ausbringung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln. Vor allem beim Anbau von Cashcrops erleichtern Precision Farming Technologien die Arbeit. Die Ergebnisse einer Umfrage mit südafrikanischen Landwirten zum Einsatz von Precision Farming zeigen, dass inzwischen (Erntesaison 2005) 600 GPS-Ertragsmessgeräte, 500 Geräte zur variablen Ausbringung von Dünger bzw. Kalk, 200 Parallelfahrssysteme und 50 automatische Lenksysteme im Einsatz sind (NELL ET AL. 2006). Vor dem Hintergrund einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von 14,7 Mio. ha Ackerland (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION 2009) liegt der Verbreitungsgrad von GPS-Ertragsmessgeräten bei 40 Geräten pro Mio. ha, dies entspricht in etwa dem Verbreitungsgrad in Argentinien.

Experten gehen für die Zukunft davon aus, dass die Bereitschaft zur Nutzung von Precision Farming Technologien in Südafrika weiterhin steigen wird, jedoch der Nutzeranteil nicht über 20 % steigen wird. Eine Begründung für diese Einschätzung liegt in der Tatsache, dass nur wenige Landwirte das Wissen und die Voraussetzung haben, die erforderlichen Daten zu sammeln, auszuwerten und umzusetzen (NELL ET AL. 2006). Eine Perspektive für Precision Farming in Südafrika ist der Einsatz im Bewässerungsfeldbau. Aufgrund des prognostizierten Bevölkerungszuwachses kann Precision Farming zukünftig eine entscheidende Rolle bei dem Ressourcen schonenden Einsatz von Wasser spielen (NELL ET AL. 2006).

In Zimbabwe beschränkt sich der Einsatz von Precision Farming Technologien, mit Ausnahme einzelner privater Anwender, auf das Dienstleistungsangebot von Kooperativen. Ab 1999 waren Precision Farming Dienstleistungen durch die Nemakonde Agricultural Development Company (NADC) in Zimbabwe verfügbar. Das Dienstleistungsangebot der Kooperative umfasste die GPS-Flächenvermessung, die GPS-Bodenbeprobung und die variable Ausbringung von Dünger und Kalk. Das Interesse der Landwirte an diesem Serviceangebot stieg bis Mitte 2001 sprunghaft an. Bezogen auf die landwirtschaftliche Anbaufläche von Zimbabwe, war die Verbreitung jedoch verschwindend gering. Bis

2001 war 1 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche über GPS-Flächenvermessung erfasst und für 0,3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche war eine GPS-Bodenkartierung vorhanden. Der Umschwung in der Agrarwirtschaft Zimbabwes und die damit einher gehende Ungewissheit der Besitzverhältnisse sowie finanzielle Einschränkungen, führten nach 2001 wieder zu einem Verbreitungsrückgang (NELL ET AL. 2006).

3.1.6 Europa

Nach den USA hat sich Precision Farming am stärksten in Europa durchgesetzt, wobei auch hier diese Technologie bisher nur von einem kleinen Teil der Landwirte genutzt wird. In Europa existieren deutliche regionale Verbreitungsunterschiede. In England, Dänemark und Schweden hat sich Precision Farming vergleichsweise schnell verbreitet. Auf Grundlage verschiedener Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass im Jahr 2000 bereits 9 % der Getreideflächen in Dänemark und Schweden anhand der Ertragskartierung erfasst wurden. Zu dieser Zeit haben bereits 400 Landwirte in Dänemark verschiedenen Precision Farming Technologien auf ihren Betrieben eingesetzt. In England lag der prozentuale Flächenanteil zu gleichen Zeit bei 5 % (PEDERSEN 2003). Andere Untersuchungen schätzen den Nutzeranteil in England auf 15 % (BLACKMORE ET AL. 2006; FOUNTAS 1998). Vergleichsweise gering ist nach Schätzung verschiedener Experten der Verbreitungsgrad von Precision Farming Technologien in Deutschland und Frankreich (BLACKMORE ET AL. 2006; PEDERSEN 2003). Bisher liegen jedoch keine genauen Zahlen vor. Lediglich für die Grenzregion Elsass-Lothringen und Baden-Württemberg existieren Daten. Diese wurden im Rahmen einer grenzüberschreitenden Projektzusammenarbeit ITADA⁷ zwischen Deutschland (Baden-Württemberg) und Frankreich (Elsass-Lothringen) zum Einsatz moderner Technologien in der Landwirtschaft erhoben. In beiden Regionen hat der Großteil der befragten Landwirte nur einen geringen Kenntnisstand zu Precision Farming: Im Elsass waren 90 % der Landwirte nur mittelmäßig bis gar nicht informiert. In Baden-Württemberg haben nur 37 % der befragten Landwirte einen geringen Kenntnisstand über Precision Farming. Entsprechend gering ist der Anteil der Landwirte, die bereits verschiedene Precisi-

⁷ ITADA = Institut Transfrontalier d' Application et de Développement Agronomique

on Farming Technologien in der Praxis einsetzen. Im Elsass haben nur 3 % der interviewten Landwirte Erfahrungen mit dem Einsatz von Precision Farming, in Baden-Württemberg lag der Anteil bei 11 %. Dieser relativ hohe Nutzeranteil in Baden-Württemberg ist nach Meinung der Autoren jedoch auf die Stichprobengröße und -zusammensetzung zurückzuführen und lässt sich nicht ohne weiteres auf Gesamtdeutschland übertragen. Ein Großteil der interviewten Landwirte setzt bisher Methoden zur Datenerfassung, wie die GPS-Flächenvermessung, die GPS-Ertragskartierung und die GPS-Bodenbeprobung ein (REIDELSTÜTZ ET AL. 2006).

Der relativ hohe Verbreitungsgrad von Precision Farming Technologien in Dänemark lässt sich auf die frühe kommerzielle Produktion von Mähdreschern, die standardmäßig mit einem GPS-Ertragsmessgeräten ausgerüstet waren, zurückführen. Dies wurde maßgeblich durch die Firma *Massey Ferguson* gefördert, welche führend an der Entwicklung der integrierten Ertragsmessgeräte beteiligt war (BLACKMORE ET AL. 2006; PEDERSEN 2003). Verschiedene Akzeptanzstudien zur Verbreitung von Precision Farming Technologien in Dänemark belegen, dass überwiegend Daten erfassende Methoden von den Landwirten angewendet werden. Die GPS-Ertragskartierung und die GPS-Bodenkartierung sind die in der Praxis gängigsten Methoden. Bei den VR-Technologien, welche die gesammelten Informationen in die Fläche umsetzen, dominieren in Dänemark insbesondere die teilflächenspezifische Düngung und Kalkung (PEDERSEN ET AL. 2001; PEDERSEN ET AL. 2004).

Eine von der Cranfield University durchgeführte Untersuchung zur Verbreitung von Precision Farming Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis in Großbritannien zeigte, dass bereits 1998 15 % der interviewten Landwirte mindestens eine Precision Farming Methode anwenden, 85 % der interviewten Landwirte nutzen noch kein Precision Farming, von denen 22 % planen zukünftig die Technologie einzusetzen (FOUNTAS 1998; BLACKMORE ET AL. 2006).

3.1.7 Zusammenfassende Darstellung

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass sich Precision Farming Technologien seit ihrer Praxiseinführung Anfang der 1990er Jahre bisher nur sehr langsam ausgebreitet haben. Inzwischen liegen zahlreiche internationale Studien

vor, die die Verbreitung und die vorherrschenden Akzeptanzmuster von Precision Farming untersucht haben. Ungeachtet der relativ großen Studienanzahl liegen nach wie vor keine genauen Zahlen zum Verbreitungsgrad von Precision Farming weltweit vor. Somit lassen sich die in den verschiedenen Ländern ermittelten Ergebnisse nur bedingt vergleichen, da der Verbreitungsgrad anhand verschiedener Indikatoren gemessen wurde (prozentualer Flächenanteil, Maschinendichte, prozentualer Anteil der Nutzer). Hinzu kommt, dass in einigen Ländern verstärkt Dienstleistungen von Lohnunternehmern und Landhändlern in Anspruch genommen werden, wohingegen in anderen Ländern die Mehrheit der Landwirte eigene Maschinen besitzt und kaum Dienstleistungsangebote nutzt. Der Flächenanteil der durch Lohnunternehmer bewirtschafteten Flächen lässt sich nur schwer ermitteln, daher können diese Flächen in der Nutzerstatistik kaum berücksichtigt werden. Darüber hinaus beruht der Großteil der Ergebnisse entweder auf Schätzungen, die sich auf Aussagen von Experten aus Industrie und Wissenschaft beziehen, oder auf Umfrageergebnissen, die sich meist auf einen kleinen Stichprobenumfang beschränken. Dennoch lassen sich aus den verschiedenen Untersuchungsergebnissen allgemeine Aussagen zur globalen Verbreitung von Precision Farming ableiten. Ausgehend von den Ergebnissen der vorliegenden Studien und unter Berücksichtigung der skizzierten Ausgangssituation, beschränkt sich die weltweite Verbreitung von Precision Farming bisher weitestgehend auf Industrienationen, wie USA, Kanada, Australien und einzelne europäische Länder (überwiegend in Nord- und Mitteleuropa). Trotz der zum Teil schon relativ lang andauernden Nutzung von Precision Farming, insbesondere in den USA und Kanada, werden weltweit nach wie vor bevorzugt Methoden der Datenerfassung eingesetzt. Nur wenige Landwirte setzen die gewonnenen Erkenntnisse mit Hilfe von VR Technologien um.

Zur Verbreitung von Precision Farming in Deutschland liegen bisher kaum Daten vor. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher untersucht, inwieweit sich Precision Farming gegenwärtig in Deutschland verbreitet hat, welche Akzeptanzmuster für die Verbreitung vorliegen und durch welche Faktoren sie beeinflusst werden.

4 Diffusion von Innovationen

Die Adoption einer Innovation durch eine Person oder einen Personenkreis und deren räumliche Verbreitung folgt häufig bestimmten Mustern. Dabei werden sowohl der Adoptionsprozess als auch der Diffusionsprozess von verschiedenen Faktoren und Kriterien beeinflusst. An der Erforschung dieser Prozesse waren und sind eine Vielzahl von wissenschaftlichen Fachdisziplinen mit ihrem jeweiligen Forschungsschwerpunkt beteiligt. Entsprechend unterscheiden sich die existierenden Adoptions- und Diffusionstheorien voneinander.

Historisch gesehen haben die aktuellen Diffusions- und Adoptionstheorien ihren Ursprung in der Analyse von kulturellen und agrarsoziologischen Verhaltensweisen und deren räumlicher Ausbreitung im Zeitverlauf. Erste Ansätze zur Diffusionsforschung lassen sich bereits in der Arbeit von RATZEL (1891) zur Anthropogeographie erkennen. So stellt RATZEL in seiner Arbeit fest: „Bezüglich der Verbreitung der ethnographischen Gegenstände ist in erster Linie zu betonen, dass diese Dinge fast immer nur mit, an und auf Menschen wandern“ (RATZEL 1882).

Eine weitere für die Diffusionsforschung grundlegende Arbeit war die des französischen Soziologen TARDE aus dem Jahre 1895 („Laws of Imitation“), welche die Ausbreitung verschiedener Innovationen untersuchte. Als Erklärung für den Ausbreitungsprozess wählte TARDE den Begriff der *Nachahmung* bzw. *Imitation*. TARDE geht in seinen Betrachtungen davon aus, dass sich eine Innovation durch Imitation in einem sozialen Netzwerk ausbreitet (ROGERS 2003; WINDHORST 1983). Weiterführend prägte TARDE die bis heute gültige Standardmetapher der wellenförmigen Ausbreitung von Neuerungen, indem er den Diffusionsprozess folgendermaßen beschreibt: „[...] If a stone falls into the water, the first wave which it produces will repeat itself in circling about the confines of the basin [...] In the same way, a local dialect that is spoken only by certain families, gradually becomes, through imitation, a national idiom [...] Nowadays the diffusion of all kinds of useful processes is brought about in the same way, except that our increasing density of population and our advance in civilization prodigiously accelerate their diffusion, just as velocity and sound“ (TARDE 1903). Aus diesen grundlegenden Abhandlungen entwickelten sich verschiedene wissenschaftliche Zweige der Diffusionsforschung, die häufig zeitgleich jedoch oh-

ne Wissen voneinander ihre empirischen und wissenschaftlichen Studien betrieben. Bis heute unterscheidet man nach dem Forschungsursprung im Wesentlichen neun verschiedene Forschungstraditionen zur Diffusionsforschung: die anthropologische, die frühe soziologische, die agrarsoziologische, die erziehungswissenschaftliche, die medizinsoziologische, die geographische, die industrielle, die Konsumgüterdiffusions- und die kommunikationswissenschaftliche Tradition. All diesen Traditionen ist gemein, dass sie unter dem Diffusionsbegriff die Ausbreitung von Ideen und/oder Objekten innerhalb eines begrenzten Zeitabschnitts durch die Adoption seitens eines Systems, Subsystems oder Elements innerhalb eines sozialen Gebildes verstehen (ROGERS 2003; BREUER 1985; ARNOLD 1997).

Im Folgenden wird daher eine Übersicht über die im Hinblick auf die Zielsetzung der Arbeit relevanten Diffusions- und Adoptionstheorien und deren bestimmenden Faktoren gegeben. Dabei wird nicht differenziert nach Adoptions- und Diffusionstheorien, da beide Prozesse aufeinander aufbauen bzw. ineinander übergreifen und folglich gleichermaßen für die Identifizierung und Erklärung der bestehenden Akzeptanzmuster zu Precision Farming herangezogen werden können. Im zweiten Teil dieses Kapitels wird auf die Diffusion von Innovationen in der Landwirtschaft anhand verschiedener Beispiele eingegangen.

4.1 Diffusions- und Adoptionstheorien – Basiselemente und Faktoren

Ein grundlegendes Standardwerk zur Diffusionsforschung ist das 1962 erstmals erschienene Werk des Soziologen ROGERS: *Diffusion of Innovations*. ROGERS definierte Diffusion als „[...] process by which an innovation is communicated through certain channels over time among the members of a social system“ (ROGERS 2003, S. 5). In diesem Zusammenhang ist die Innovation eine „[...] idea, practice, or object perceived as new by an individual or other unit of adoption [...]“ (ROGERS 2003, S. 12). Unter Berücksichtigung des Zeitfaktors konzentriert sich das soziologische Forschungsinteresse auf das Verhalten des Individuums gegenüber einer Innovation und die Auswirkungen der Innovation auf das soziale System. ROGERS unterscheidet in seinem Modell verschiedene Adoptorkategorien, die sich aus der Zahl der Adoptoren (Erstanwender) in Ab-

hängigkeit vom Zeitpunkt der Übernahme einer Innovation ergeben. Die Verteilung der Anzahl der Adoptoren zu einem bestimmten Zeitpunkt folgt theoretisch einer Kurve der Normalverteilung mit dem arithmetischen Mittel als Maximum (vgl. Abbildung 4.1). Die verschiedenen Adoptorkategorien werden über das Maß der Standardabweichung ausgehend vom mittleren Zeitpunkt der Innovationsaufnahme gebildet. In seinem Modell unterscheidet ROGERS fünf Adoptorkategorien: Innovatoren, frühe Adoptoren, frühe Mehrheit, späte Mehrheit, Zauderer. Die verschiedenen Adoptorkategorien unterscheiden sich deutlich in ihren sozioökonomischen Eigenschaften, ihren Persönlichkeiten und ihrem Kommunikationsverhalten. So stellte ROGERS in seinen Untersuchungen fest, dass der durchschnittliche Innovator im Vergleich zu den anderen Adoptorkategorien einen höheren Bildungsabschluss, eine bessere ökonomische Situation, eine größere Innovationsbereitschaft und ein überregionales Kommunikations- und Informationssystem hat (ROGERS 1958; ROGERS 2003).

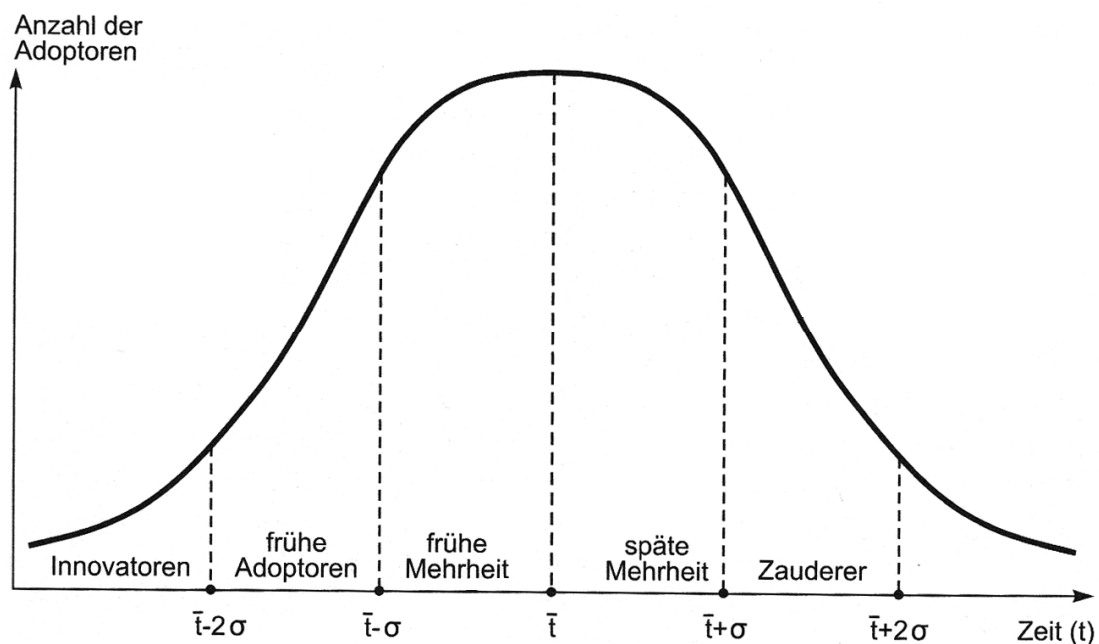


Abbildung 4.1: Adoptorkategorien und Diffusionsphasen

Quelle: (ROGERS 2003, verändert)

Fast zeitgleich, allerdings unabhängig zu den soziologischen Theorien ROGERS entwickelte HÄGERSTRAND sein *Modell der Innovationswellen*, welches bis heute als Standardwerk der geographischen Diffusionsforschung gilt. Im Unterschied zur soziologischen Betrachtungsweise konzentriert sich das geographische

Forschungsinteresse auf den raumzeitlichen Aspekt bei der Diffusion von Innovationen (HÄGERSTRAND 1952; HÄGERSTRAND ET AL. 1973). Trotz der unterschiedlichen Forschungsschwerpunkte weisen beide Ansätze in vielen Punkten Gemeinsamkeiten auf. So kam HÄGERSTRAND ähnlich wie ROGERS zu dem Ergebnis, dass die räumliche Diffusion von Innovationen im Wesentlichen auf der Kommunikation zwischen Innovatoren und potentiellen Anwendern beruht. Für ihn ist daher die Grundvoraussetzung für einen Diffusionsprozess die vorausgegangene Verbreitung von Informationen über die Innovation. Zur Beschreibung dieser Diffusionsprozesse entwickelte HÄGERSTRAND verschiedene Modellvorstellungen und Basiskonzeptionen.

Eines dieser Modelle ist das der *Innovationswellen*, in dem die Übernahme von

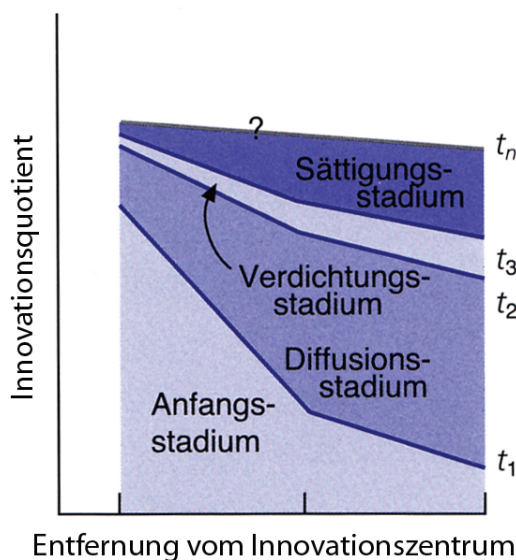


Abbildung 4.2: Profile der Diffusionswellen nach HÄGERSTRAND 1952

Quelle: (HAGGETT 2003)

Neuerungen als Vier-Phasenmodell beschrieben wird (vgl. Abbildung 4.2). Stufe 1 das Anfangsstadium (initial agglomeration) kennzeichnet den Beginn des Diffusionsprozess. Es entstehen erste lokale Zentren der Übernahme, welche sich deutlich von entlegenen Gebieten unterscheiden. Stufe 2 das Diffusionsstadium ist der eigentliche Prozessbeginn der räumlichen Verbreitung einer Innovation. Die ursprünglichen Zentren verlieren an Bedeutung, es entstehen neue Zentren in anderen Gebieten und die Neuerung breitet sich zentrifugal aus. Die anfänglichen Unterschiede zwi-

schen dem Innovationszentrum und den umliegenden Gebieten gleichen sich zunehmend an. In Stufe 3, dem Verdichtungsstadium, ist die Neuerung überall bekannt. Der Diffusionsprozess nähert sich einer oberen Marke über die hinaus keine weitere Verbreitung statt findet. In der Stufe 4, dem Sättigungsstadium, verlangsamt sich der Diffusionsprozess bevor er ganz ausläuft (HÄGERSTRAND ET AL. 1973; WINDHORST 1983; HAGGETT 2003).

Beide Theorien wurden im behavioristischen Modell von WINDHORST aufgegriffen und weiter entwickelt. Dieses Modell versucht den Verlauf des Diffusionsprozesses aus dem Verhalten potentieller Adoptoren und ihrer jeweils unterschiedlichen Beurteilung der Innovation zu erklären. WINDHORST kombiniert in seinem Modell die von ROGERS definierten Adoptorkategorien, welche er als sozialgeographische Gruppen bezeichnet, mit den raumzeitlichen Diffusionsphasen von HÄGERSTRAND. Durch eine Parallelisierung der Diffusionsphasen mit den Adoptorkategorien erreicht WINDHORST die Anbindung raum-zeitlicher Diffusionsprozesse an soziologische Verhaltensgruppen (vgl. Abbildung 4.3). WINDHORST geht in seiner Theorie davon aus, dass Unterschiede in der Innovationsbereitschaft, den Verhaltensnormen sowie der Nutzung unterschiedlicher Informations- und Kommunikationssysteme bei den verschiedenen sozialgeographischen Gruppen ein unterschiedliches raumwirksames Verhalten zur Folge haben (WINDHORST 1979).

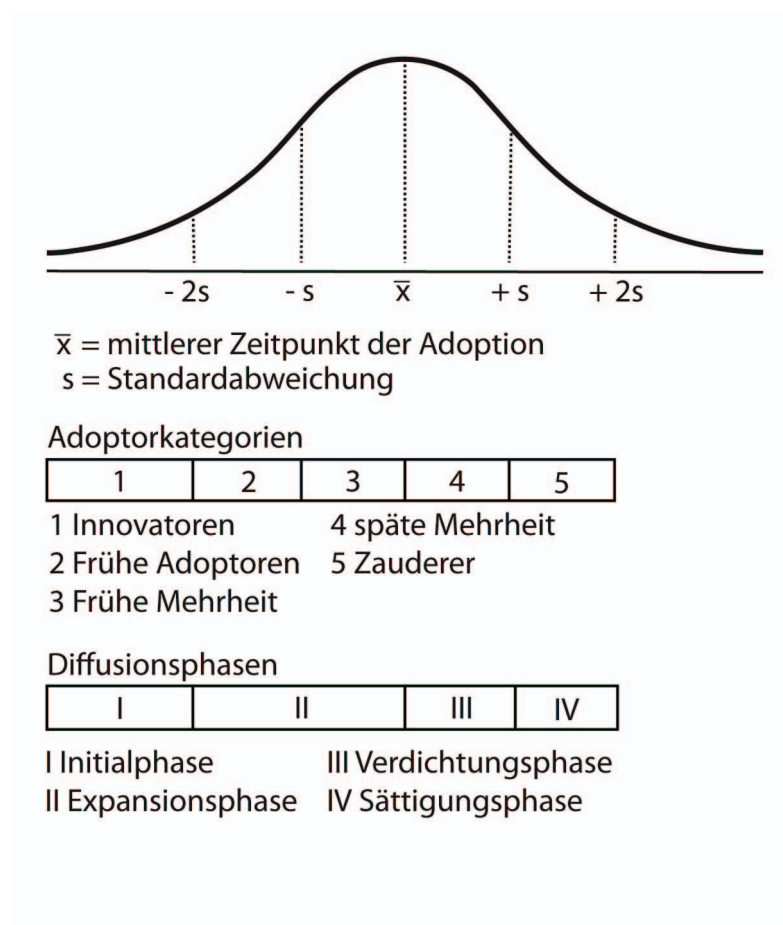


Abbildung 4.3: Parallelisierung von Adoptorkategorien und Diffusionsphasen

Quelle: (WINDHORST 1983)

Ein anderer für das Verständnis von Diffusionsprozessen wichtiger Modellansatz ist der von ROGERS und SHOEMAKER etablierte Ansatz des *Innovation decision process*. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Diffusionsphasen und Adoptorkategorien, welche sich dem Diffusionsprozess in einem sozialen System widmen, beschreibt der Ansatz des *Innovation decision process* den individuellen Adoptionsprozess, den jeder potentielle Adopter als mentalen Prozess durchläuft und an dessen Ende die Übernahme oder Ablehnung der Innovation steht. Demnach werden Entscheidungen nicht spontan, sondern über einen gewissen Zeitrahmen hinweg in einem Entscheidungsprozess getroffen. Dieser Prozeß „[...] is the process through which an individual, or a decision making unit, passes from gaining initial knowledge of an innovation, to forming an attitude towards the innovation, to making a decision to adopt or reject, to implementation of the new idea, and to confirmation of the decision.“ (ROGERS 2003). ROGERS und SHOEMAKER unterteilen diesen Prozess in fünf Phasen: Knowledge, Persuasion, Decision, Implementation und Confirmation.

- Phase 1 Knowledge: Kenntnisnahme von der Innovation und Aufnahme von Informationen über diese.
- Phase 2 Persuasion: die potentiellen Adoptoren wägen die Vor- und Nachteile der Innovation ab und bilden sich eine Meinung über diese.
- Phase 3 Decision: Wahl zwischen Adoption und Rejektion der Innovation.
- Phase 4 Implementation: Einsatz bzw. erste Nutzung der Innovation
- Phase 5 Confirmation: der/die potentiellen Adoptoren werden in ihrer Entscheidung positiv bestätigt oder sie werden enttäuscht und machen die Einführung der Innovation wieder rückgängig.

Der gesamte Diffusionsprozess wird dabei von inneren und äußeren Faktoren gesteuert, die den Verlauf und die Geschwindigkeit der Diffusion beeinflussen. Zu den inneren Faktoren zählen persönliche Merkmale und Eigenschaften des potentiellen Adoptors: dessen sozioökonomische Situation, dessen Bildungsgrad, dessen Innovationsbereitschaft sowie dessen Kommunikations- und Informationsverhalten. Als äußere Faktoren gelten die Normen des Sozialsystems und die produktspezifischen Eigenschaften der Innovation, welche sich aus den

fünf Determinanten: relativer Vorteil, Kompatibilität, Komplexität, Erprobbarkeit und Kommunizierbarkeit zusammensetzen. Der *relative Vorteil* spiegelt den Grad wider, mit dem eine Innovation im Vergleich zu anderen Produktalternativen vom potentiellen Adopter als besser wahrgenommen wird. Die *Kompatibilität* einer Innovation bezieht sich einerseits auf die Integrierbarkeit der Innovation in bestehende Produktionsabläufe (in diesem Sinne wird der Begriff auch in der vorliegenden Arbeit verwendet), andererseits auf die Vereinbarkeit der Innovation mit bestehenden Werten, Erfahrungen, Normen und Bedürfnissen des potentiellen Adoptors. Mit der *Komplexität* einer Innovation ist der Einarbeitungsaufwand gemeint, an den die Übernahme der Innovation gekoppelt ist. Die *Erprobbarkeit* einer Innovation beschreibt die Möglichkeit das neue Produkt vor dem Kauf zu testen, um so das Kaufrisiko für den potentiellen Adopter möglichst gering zu halten. Die *Kommunizierbarkeit* einer Innovation ist ein Maß dafür, wie sich Produktinformationen über eine Innovation in der Praxis verbreiten (ROGERS 2003). Die einzelnen Phasen des *Innovation-Decision Process* und die sie beeinflussenden Faktoren sind in Abbildung 4.4 dargestellt.

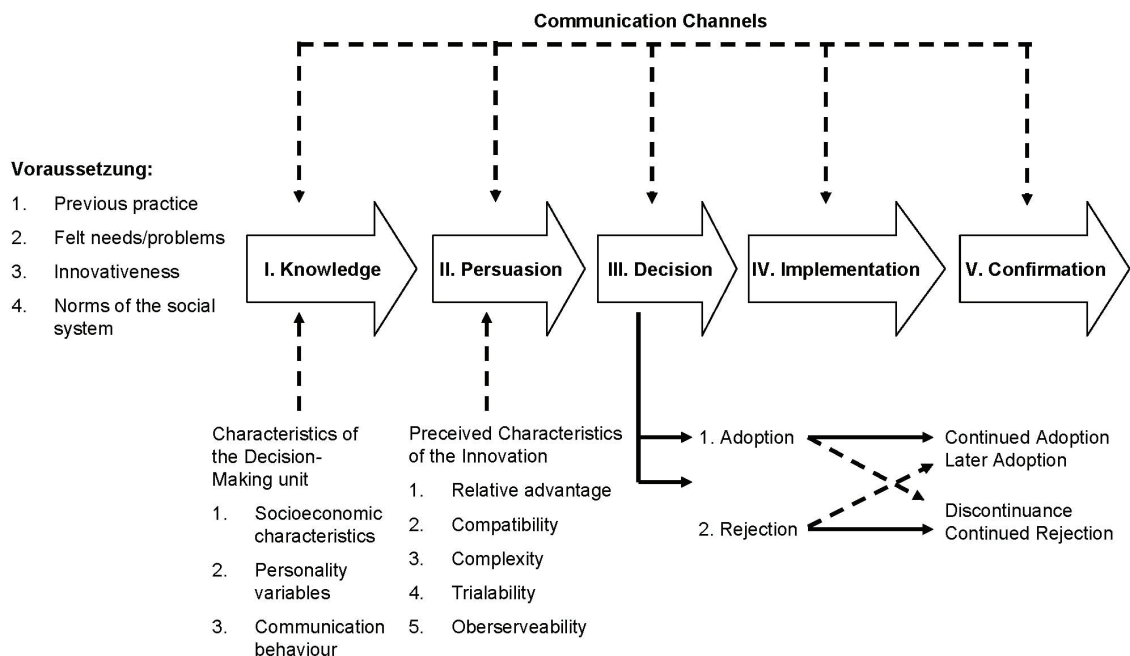


Abbildung 4.4: Fünf-Phasen-Model des Innovation-Decision-Process

Quelle: (ROGERS 2003)

Das Modell des *mean information field* ist ein weiteres von HÄGERSTRAND entwickeltes Basismodell, zum Verständnis raumzeitlicher Diffusionsprozesse. Es bildet den Diffusionsprozess anhand eines Rasters ab, das die Wahrscheinlichkeit der Informationsweitergabe als mathematische Funktion der maximal möglichen Kontakte zwischen verschiedenen Personen darstellt (vgl. Abbildung 4.5). Dabei wird von der Annahme ausgegangen: je weiter Personen räumlich voneinander entfernt sind, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie miteinander in Kontakt treten. Dieses Modell beruht auf der ebenfalls von HÄGERSTRAND entwickelten Basiskonzeption der Nachbarschafts- und Hierarchieeffekte, die bei der Ausbreitung von Innovationen wirksam werden. Beim Nachbarschaftseffekt breitet sich eine Innovation durch den persönlichen Kontakt zwischen einem Adoptor und einer anderen Person aus. Diese Diffusionsart ist distanzabhängig, da mit zunehmender Entfernung vom Ursprungsort die Kontaktwahrscheinlichkeit zwischen Personen abnimmt (vgl. Abbildung 4.6). Es handelt sich bei dieser Art der Diffusion um eine Expansionsdiffusion, bei der sich die Innovation von einem Zentrum in dessen Umfeld wellenförmig ausbreitet. Beim Hierarchieeffekt breitet sich die Innovation distanzunabhängig, sprunghaft, entlang einer hierarchischen Ordnung aus. Beide Effekte verlaufen häufig parallel und lassen sich nicht genau voneinander trennen (WINDHORST 1983).

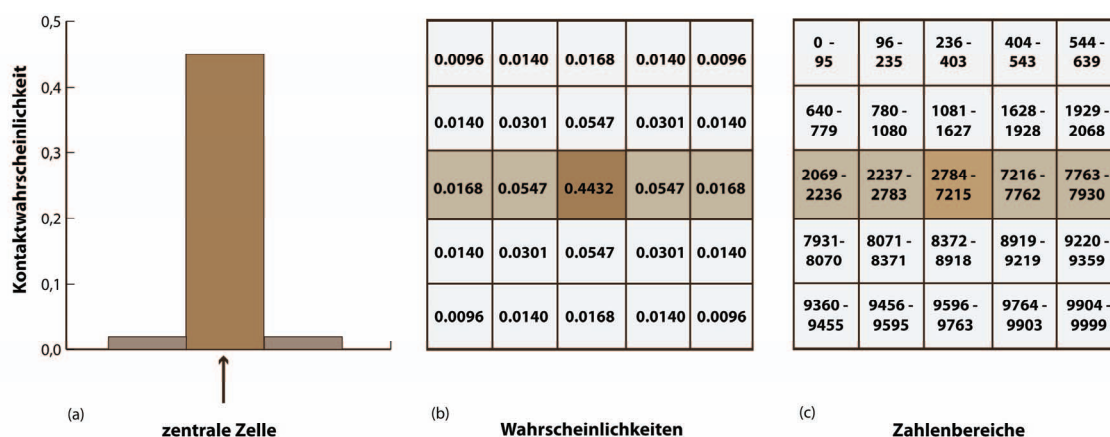


Abbildung 4.5: Mittleres Informationsfeld im Diffusionsmodell von HÄGERSTRAND

Quelle: (HAGGETT 2003)

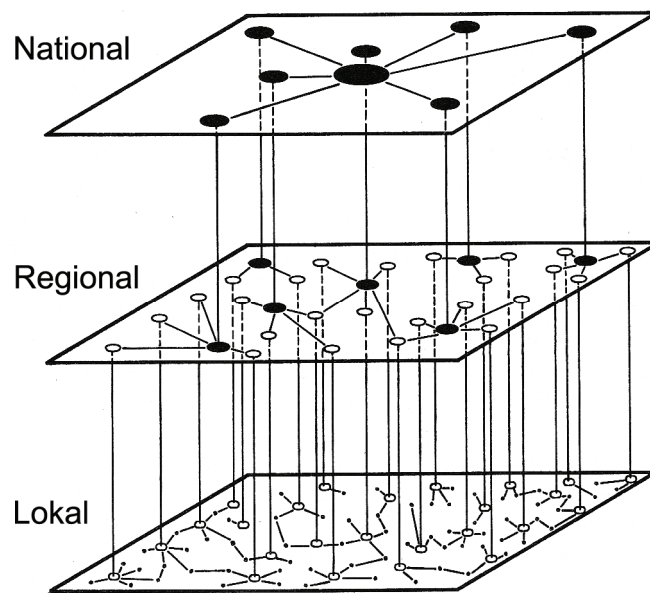


Abbildung 4.6: Der Einfluss von Nachbarschafts- und Hierarchieeffekten auf den Diffusionsprozess bei unterschiedlichen räumlichen Ebenen nach HÄGERSTRAND

Quelle: (WINDHORST 1983)

Wenngleich sich heute Informationen über eine Innovation aufgrund der neuen Medien ungleich schneller und einfacher als früher verbreiten, spielt der persönliche Erfahrungsaustausch bei der Übernahme von Innovationen nach wie vor eine zentrale Rolle. Wie verschiedene Untersuchungen zeigen, ist die Ausprägung der sozialen Netzwerkstruktur noch immer eines der Hauptkriterien für die Verbreitung von Innovationen (DATTÉE & WEIL 2007; BAPTISTA 1999).

Kritik an den herkömmlichen Diffusionsmodellen besteht in der einseitigen Ausrichtung auf eine vollständige Diffusion einer Innovation. Diese steht im Widerspruch zur Realität am Markt, bei der die vollständige Übernahme einer Innovation oder die vollständige Ausschöpfung des Adoptorpotentials tendenziell die Ausnahme bildet. Bei den herkömmlichen Diffusionstheorien wird vorausgesetzt, dass jede Innovation jedem Adopter gleichermaßen positive Effekte bzw. Vorteile bringt (ROGERS 2003). Unberücksichtigt bleibt die Frage, warum potentielle Adoptoren nicht zu tatsächlichen Adoptoren werden. Ein Ansatz, welcher dieser Frage nachgeht, ist das *Technology Acceptance Model (TAM)*. Vorwiegend in der angloamerikanischen Forschung eingesetzt, wird hier explizit versucht die Akzeptanz technologischer Innovationen zu erklären. Gemäß dem

Modell ist vor allen Dingen die Akzeptanz der ausschlaggebende Faktor für die Annahme und Verbreitung einer neuen Technologie. Diese wird laut Modell wiederum beeinflusst von der wahrgenommenen Nützlichkeit und der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit (vgl. Abbildung 4.7). Die wahrgenommene Nützlichkeit beschreibt den Nutzen, der einer Innovation vom Anwender beigemessen wird. Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit entspricht dagegen dem Aufwand, der vom Anwender erbracht werden muss, um eine technologische Innovation nutzen zu können. Beide Faktoren unterliegen den individuellen Eigenschaften und Charakteristika des potentiellen Adoptors und sind entsprechend subjektiv. Eine positive Ausprägung der beiden Faktoren verstärkt die Nutzungsabsicht und hat einen positiven Einfluss auf das Nutzungsverhalten. Das *TAM Modell* gewann aufgrund seiner hohen Reliabilität und seiner Generalisierbarkeit große Bedeutung in der IT-Systemforschung (VENKATESH & DAVIS 2000; DAVIS 1989).

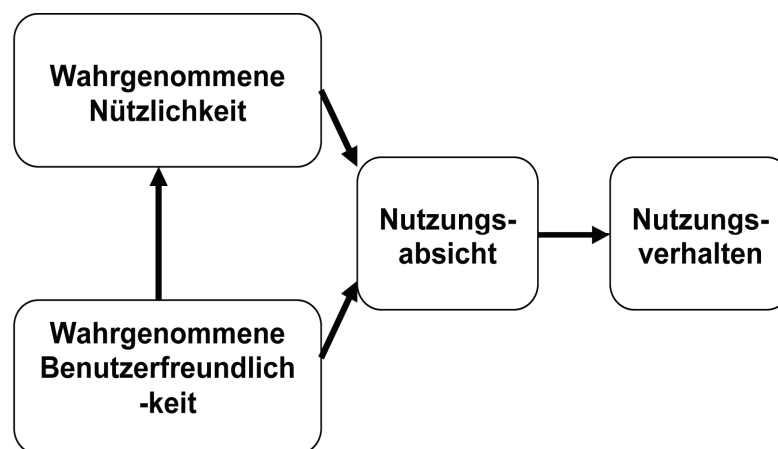


Abbildung 4.7: Technology Acceptance Model

Quelle: (VENKATESH & DAVIS 2000, S. 188)

4.2 Verbreitung von Innovationen in der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft weltweit wurde in den letzten 100 Jahren stark vom technologischen Wandel und der Einführung immer neuer Innovationen bestimmt. In Deutschland beispielsweise lag noch zu Beginn des vorigen Jahrhunderts der Anteil der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft bei 38 %, heutzutage arbeiten

nur 2 % der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft. Parallel zum sinkenden Anteil der landwirtschaftlichen Erwerbstätigen haben sich die Hektarerträge in Deutschland um das 4,4 fache gesteigert: von 18,5 Dezitonnen pro ha zu Beginn des vorigen Jahrhunderts auf 81 Dezitonnen pro ha im Jahr 2008 (HEMMERLING ET AL. 2009a). Diese enorme Produktivitätssteigerung war nur durch die Einführung von Innovationen realisierbar. Die Innovationen im landwirtschaftlichen Bereich lassen sich in verschiedene Kategorien unterteilen: technische Innovationen (wie Traktoren und Mähdrescher), biologische Innovationen (wie neue Saatgutzüchtungen), chemische Innovationen (wie Dünger, Pestizide und Herbizide), agronomische Innovationen (wie neue Managementsysteme), biotechnologische Innovationen und informationstechnologische Innovationen (wie Precision Farming Technologien bzw. der Computereinsatz im Betriebsmanagement) (SUNDING & ZILBERMAN 2001).

Die Diffusionsgeschwindigkeiten von Innovationen in der Landwirtschaft variieren signifikant. Faktoren wie die arbeitswirtschaftliche Verfassung des jeweiligen Betriebes, Investitionskosten, Rentabilität, Komplexität und „Teilbarkeit“ einer Innovation sowie die arbeitswirtschaftlichen und sozialen Vorteile einer Neuerung beeinflussen deren Diffusionsgeschwindigkeit. Weniger komplexe und besser teilbare Technologien und Produktionsverfahren setzten sich häufig schneller durch als andere. Die Ursachen hierfür liegen an dem geringeren Einarbeitungsaufwand, der besseren Integrationsmöglichkeit in bestehende Betriebsabläufe und der besseren Einschätzung der Rentabilität einer Innovation. So lassen sich biotechnologische, biologische und chemische Innovationen vergleichsweise einfach und schnell in den bestehenden Betriebsablauf integrieren. Agronomische Innovationen hingegen sind meistens deutlich komplexer und greifen stark in den bestehenden Betriebsablauf ein und erfordern meist eine grundlegende Umstellung des Betriebsablaufs (VIERBOOM ET AL. 2006; SUNDING & ZILBERMAN 2001).

Ein klassisches Beispiel für die Diffusion einer biologischen Innovation in der landwirtschaftlichen Praxis ist die Untersuchung von RYAN und GROSS aus dem Jahre 1943, die sich mit der Verbreitung von Hybridmais in zwei Gemeinden Iowas befasst (vgl. Tabelle 4.1). Diese Studie verdeutlicht in besonders anschaulicher Weise den wellenförmigen Diffusionsprozess mit einer zu Beginn

sehr geringen Adoptionsrate, einer allmählichen Steigerung, einer kurzen Phase zwischen 1935 und 1939, in welcher der Diffusionsprozess sein Maximum erreicht und einer anschließenden Sättigungsphase nach 1939 mit allmählich auslaufender Diffusion (vgl. Tabelle 4.1). Während anfänglich die Erprobung der neuen Maissorte lediglich auf einem kleinen Flächenanteil beschränkt ist und sich der Flächenanteil nur langsam erhöht, kann bei späteren Adoptoren eine deutlich schnellere Steigerung der Flächenanteile beobachtet werden (RYAN & GROSS 1943).

Tabelle 4.1: Die Verbreitung des Anbaus von Hybridmais in zwei Gemeinden des Staates Iowa / USA

Quelle: (RYAN & GROSS 1943, S. 19)

Entwicklung des mittleren Hybridmais-Anteils in Prozent der Maisanbaufläche der übernehmenden Betriebe, dargestellt in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des erstmaligen Anbaus										
Jahr des erstmaligen Anbaus	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	Zahl der Betriebe
Vor 1934*	38,0	50,0	67,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	24
1934		20,0	29,0	42,0	67,0	95,0	100,0	100,0	100,0	16
1935			18,0	44,0	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0	21
1936				20,0	41,0	62,5	100,0	100,0	100,0	36
1937					19,0	55,0	100,0	100,0	100,0	61
1938						25,0	79,0	100,0	100,0	46
1939							30,0	91,5	100,0	36
1940								60,5	100,0	14
1941									54,0	3
Summe										257
Bis 1941 kein Anbau von Hybridmais										2
Gesamtes Sample										259
* Der mittlere Hybridmais-Anteil im ersten Anbaujahr betrug für diese Betriebsgruppe 12 von Hundert										

Ein weiteres bekanntes Beispiel für die Diffusion von biologischen Innovationen ist die unter dem Stichwort *Grüne Revolution* vollzogene Modernisierung der Landwirtschaft in Asien. Aufgrund der Entwicklung neuer Hochertragshybridsorten Mitte der sechziger Jahre konnten die Ernteerträge für Reis in Asien deutlich gesteigert werden. Die Einführung dieser Hochertragssorten ging einher mit zunehmenden Mechanisierungen der asiatischen Landwirtschaft. Seit ihrer Einführung Mitte der 1960er Jahre hat der Flächenanteil an Hybridreis in Asien

kontinuierlich zugenommen, wobei es deutliche regionale Unterschiede beim Diffusionsprozess gibt (vgl. Abbildung 4.8). Länder wie die Philippinen, Sri Lanka und Indien haben vergleichsweise schnell Hybridreis auf ihren Flächen eingeführt, während in Burma und Thailand die Einführung der neuen Sorten deutlich später und langsamer erfolgte. Faktoren wie die Betriebsgröße, die lokalen natürlichen Bedingungen sowie die politischen Rahmenbedingungen haben maßgeblich Einfluss auf die Adoptionsrate und Diffusionsgeschwindigkeit genommen. In Indien beispielsweise haben politische Faktoren die schnelle Verbreitung von Hybridmais gefördert (GRIGG 1995).

Bisher einzigartig in der Geschichte der modernen Landwirtschaft ist der Diffusionsprozess genetisch veränderter Pflanzen in der landwirtschaftlichen Praxis weltweit. Seit ihrer Einführung Mitte der 1990er Jahre ist der Anteil genetisch veränderter Pflanzen an der globalen Pflanzenproduktion sprunghaft angestiegen (CLIVE 2003). Schon im ersten Jahr nach ihrer Einführung stieg der weltweite Flächenanteil von 1,7 Mio. ha auf 11 Mio. ha an. Bis 2001 hat sich der Flächenanteil weltweit auf 52,6 Mio. ha erhöht (vgl. Abbildung 4.9).

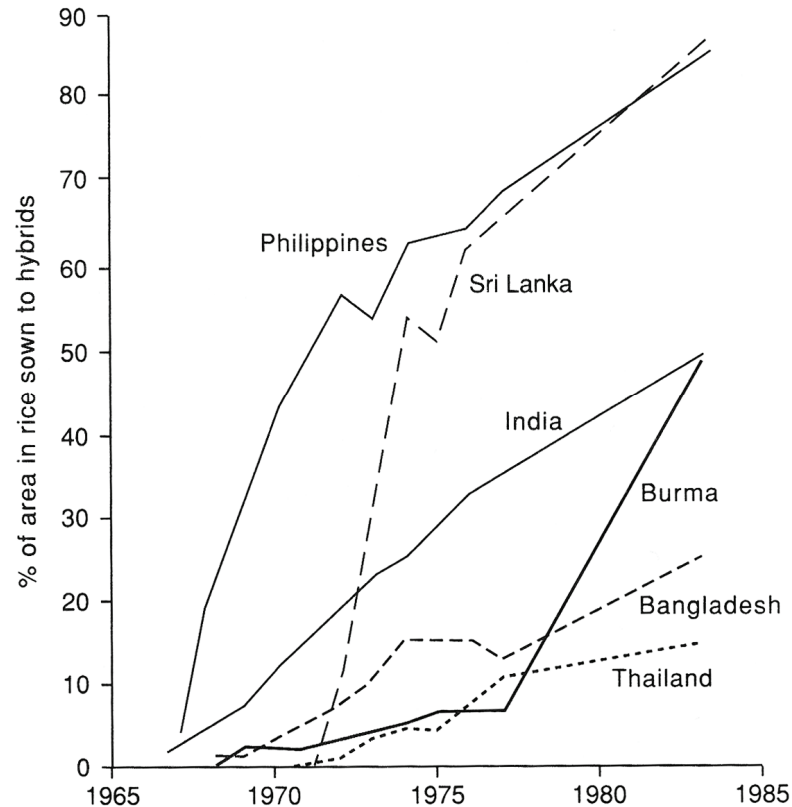


Abbildung 4.8: Zunahme der Flächenanteile von Hybridreis in Asien, 1965-77

Quelle: (GRIGG 1995)

Zukünftige Prognosen gehen von einer fortwährend steigenden Tendenz aus. Im Wesentlichen konzentriert sich jedoch die Diffusion von genetisch veränderten Pflanzen auf die USA⁸, Argentinien, Kanada und China. Diese Länder haben einen Anteil von 99 % an der weltweiten Verbreitung. Die Ursachen für die bisher beispiellos schnelle Ausbreitung liegen nach Meinung der Experten in erster Linie begründet in der hohen Rentabilität für die Landwirte. Der bisherige Einsatz genetisch veränderter Pflanzen zeigt, dass sowohl kleine als auch große Betriebe durch eine Einsparung von Produktionskosten bei gleichzeitiger Ertragssteigerung deutliche Gewinne erwirtschaften konnten (CLIVE 2003).

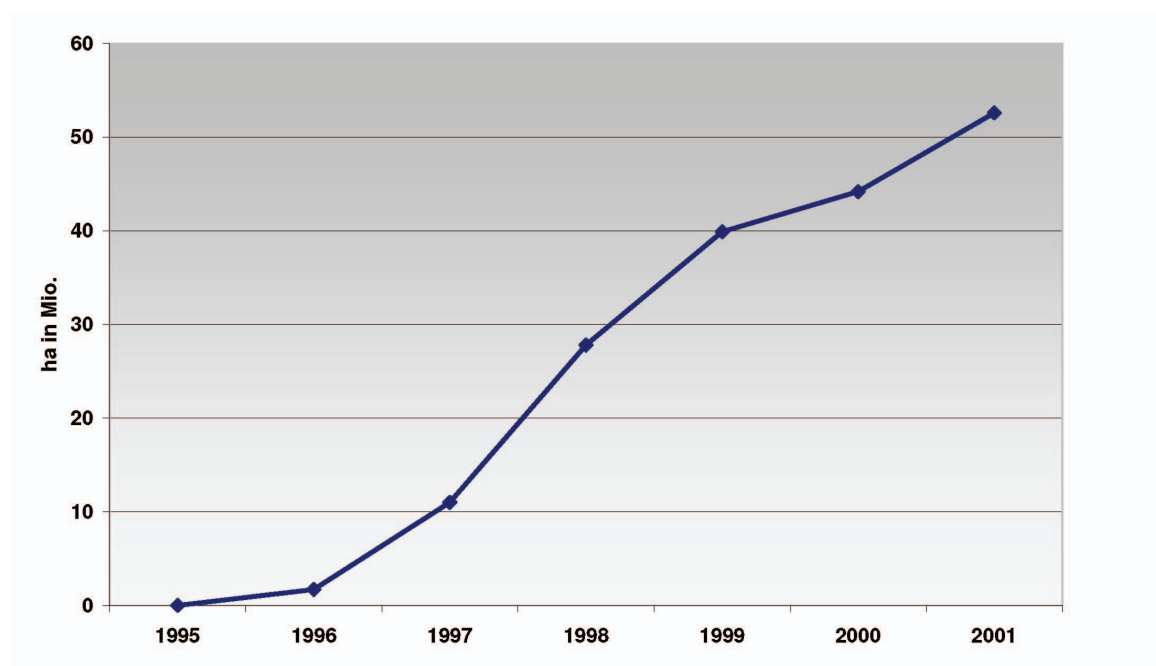


Abbildung 4.9: Weltweite Verbreitung genetisch veränderter Pflanzen

Quelle: (CLIVE 2003, S. 304)

In Europa hingegen ist die Verbreitung nach wie vor gering. Hauptursachen für diese Situation sind die gesetzlichen Auflagen für einen Einsatz genetisch veränderter Pflanzen und die bisher geringe Akzeptanz auf Seiten der Verbraucher (CLIVE 2003).

Über die Verbreitung von Informationstechnologien (IT) in der Landwirtschaft liegen bisher keine konkreten Zahlen vor. Im Gegensatz zu anderen Innovatio-

⁸ In den USA lag der Flächenanteil genetisch veränderter Pflanzen 2008 bei über 50%, für Sojabohnen sogar bei 95% (FERNANDEZ-CORNEJO 2009).

nen, die speziell für die Landwirtschaft entwickelt wurden, sind Innovationen im IT Bereich, wie beispielsweise Computer und Handy, auch außerhalb der Landwirtschaft einsetzbar. So muss nicht jeder Landwirt, der einen Computer besitzt, diesen zwangsläufig auch für betriebliche Zwecke nutzen. Dementsprechend schwierig ist es, den Verbreitungsgrad dieser Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis einzuschätzen. Verschiedene Untersuchungen deuten jedoch daraufhin, dass sich diese Technologien bisher nur sehr langsam in der landwirtschaftlichen Praxis verbreiten (WARREN 2002; GELB ET AL. 2005; ROSSKOPF & WAGNER 2003). Seit den 70er Jahren haben sich Informationstechnologien in der landwirtschaftlichen Produktion in Deutschland verbreitet. Während einige dieser Innovationen inzwischen zum Produktionsstandard geworden sind, wie beispielsweise die Einzeltieridentifikation und der Einsatz von Futterautomaten, ist die Verbreitung bei vielen anderen Innovationen nach wie vor gering. Beispiele für eine langsame Verbreitung sind das Feldmanagement mit Ackerschlagkarteien, das gesamtbetriebliche Datenmanagement und die Nutzung mobiler Computer für die Feldbewirtschaftung. Viele der in diesem Bereich angebotenen Technologien sind bis dato Insellösungen, deren Anwendungen unbefriedigend sind und dem Landwirt kaum betriebswirtschaftliche Vorteile einbringen (AUERNHAMMER 2000). Eine weitere Ursache für die langsame Verbreitung von Informationstechnologien ist die im Vergleich zu herkömmlichen landwirtschaftlichen Innovationen höhere Komplexität. Viele Informationstechnologien bauen häufig sukzessive aufeinander auf, und es müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein, um diese nutzen zu können. Beispielsweise setzt der Verkauf der eigenen Produkte im Internet einen Computer, einen Internetzugang und ein entsprechendes Kundennetzwerk mit gleichen technischen Standards voraus (WARREN 2002). Darüber hinaus haben bisher die komplizierte Handhabung der Technik sowie die geringen Beratungs- und Schulungsangebote eine weitläufige Verbreitung der Informationstechnologien verhindert. So zeigen verschiedene Studien beispielsweise, dass inzwischen - zumindest in den Industrieländern - der Großteil der Landwirte zwar einen Computer und einen Internetzugang besitzt, jedoch erst wenige diesen für betriebliche Zwecke verwenden. Diejenigen Landwirte, die Computer betrieblich nutzen, setzen ihn im Betriebsmanagement (Schriftverkehr, Bankgeschäfte und Buchführung) ein. In der Außenwirtschaft werden IT Lösungen bisher kaum eingesetzt. Bei den

mobilen Anwendungen ist sogar ein rückläufiger Trend festzustellen (ROSSKOPF & WAGNER 2006). Trotz des recht langsamen Diffusionsprozesses ist der Großteil der Landwirte der Meinung, dass die Wettbewerbsfähigkeit und das wirtschaftliche Überleben eines Betriebes zukünftig eng mit der Nutzung von Informationstechnologien im betrieblichen Alltag verbunden sein werden (GELB ET AL. 2005). Um die Verbreitung von IT Technologien zukünftig zu fördern und den Landwirten den Einstieg zu erleichtern, ist es erforderlich, das Beratungs- und Schulungsangebot im IT Bereich in Zukunft deutlich zu verbessern (ROSSKOPF & WAGNER 2003; GELB ET AL. 2005; GELB 2006).

Die oben aufgeführten Beispiele verdeutlichen, dass die Adoptionsfaktoren sowie der Diffusionsprozess einer Innovation in der Landwirtschaft dem in anderen Bereichen außerhalb der Landwirtschaft gleichen und in weiten Bereichen den diffusionstheoretischen Vorstellungen entsprechen. Innovationsentscheidungen werden auch in der Landwirtschaft zum Großteil aus ökonomischen Gründen getroffen. Ziel ist es, durch die Einführung einer Innovation Kosten einzusparen bzw. die Erträge zu steigern und so die Gewinne zu maximieren. Weitere Gründe für eine Innovationsentscheidung sind arbeitswirtschaftliche und soziale Vorteile, die durch die Einführung erzielt werden können. Im Gegensatz zu Innovationen in anderen Bereichen, müssen Innovationen in der Landwirtschaft in einen bestehenden Betriebsablauf integriert werden, der an einen festgelegten Jahresablauf gebunden ist. Dieser kann naturgemäß nicht beliebig geändert werden, so dass aufwendige Innovationen, die eine Systemumstellung erfordern, nur zögerlich aufgenommen werden. Generell gilt, dass weniger komplexe und einfach handhabbare Technologien deutlich besser Chancen haben, sich kurzfristig am Markt zu etablieren (SUNDING & ZILBERMAN 2001).

5 Methodik

Dieses Kapitel widmet sich zunächst den Annahmen, die der empirischen Datenerhebung zugrunde liegen. Daran anschließend werden die Methoden der empirischen Datenerhebung und der statistischen und GIS gestützten Datenauswertung erläutert.

5.1 Grundlage der empirischen Untersuchung

Aus den vorgestellten Adoptions- und Diffusionstheorien lassen sich Annahmen für die Diffusion von Precision Farming Technologien ableiten, auf deren Basis die empirischen Untersuchungen sowie die darauf aufbauenden statistischen und GIS - gestützten Datenauswertungen durchgeführt werden. In erster Linie sollen relevante Faktoren für die bestehenden Akzeptanzmuster und den Diffusionsprozess von Precision Farming in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland identifiziert und erklärt werden.

Ausgehend von ROGERS *Modell der Adoptorkategorien* und dem darauf aufbauenden *behavioristischen Modell* von WINDHORST wird der empirischen Untersuchung die Annahme zugrunde gelegt, dass sich die Interviewgruppen in ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden. Landwirte, die bereits verschiedene Precision Farming Technologien verwenden oder die Einführung dieser Technologien in Erwägung ziehen, unterscheiden sich von den übrigen Interviewgruppen durch einen höheren sozioökonomischen Status, einen höheren Bildungsabschluss, eine größere Innovationsbereitschaft sowie durch ein ausgeprägtes und weitverzweigtes Kommunikations- und Informationssystem.

Neben den persönlichen Eigenschaften der potentiellen Adoptoren nehmen die Eigenschaften der Innovation ebenfalls Einfluss auf die Adoptionsgeschwindigkeit. Nach dem Modell des *Innovation decision process* von ROGERS und SHOEMAKER (ROGERS 2003) sowie dem von VENKATESH etablierten *Technology Acceptance Model* (VENKATESH & DAVIS 2000), ist die Adoptionsgeschwindigkeit umso höher, je größer der wahrgenommene relative Vorteil, die Kompatibilität, die Erprobbarkeit, die Wahrnehmbarkeit, die Benutzerfreundlichkeit einer Innovation ist und je geringer dessen Komplexität ist. Anhand der empirischen Untersuchung soll überprüft werden, welche der genannten Faktoren für den Diffu-

sionsprozess von Precision Farming Technologien in Deutschland von Bedeutung sind.

Der raumzeitliche Diffusionsprozess von Precision Farming soll vor dem Hintergrund der Modellvorstellungen von HÄGERSTRAND und WINDHORST untersucht werden. Dabei wird der Untersuchung die Annahme zugrunde gelegt, dass sich eine Innovation, entsprechend den Kommunikationsstrukturen, ausgehend von einem Zentrum wellenförmig in dessen Umfeld verbreitet. Dabei werden die von HÄGERSTRAND etablierten *Nachbarschaftseffekte* wirksam. Inwieweit sich diese Annahme auf den Diffusionsprozess von Precision Farming übertragen lässt, soll auf Grundlage der GIS-gestützten Auswertung der Daten überprüft werden.

5.2 Empirische Datenerhebung

Die Datenerhebung in der vorliegenden Arbeit erfolgte auf Basis von empirischer Untersuchungen unter Einbeziehung verschiedener Akteursgruppen aus dem Bereich der Landwirtschaft. Die verwendeten Untersuchungsmethoden werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

5.2.1 Quantitative Interviews mit den Landwirten

Die empirische Datenerhebung der Akteursgruppe der Landwirte erfolgte in zwei Untersuchungsgängen, zum einen als quantitative und zum anderen als qualitative Untersuchung (letzte: siehe Kapitel 5.2.2). Als Instrument der Datenerhebung wurde für beide Untersuchungsgänge der empirische Untersuchungsansatz des Interviews auf Grundlage standardisierter Fragebögen gewählt. Die quantitative Datenerhebung beruht auf einem multitemporalen Untersuchungsansatz. Ziel dieser Vorgehensweise war es, die zeitlichen Einflussfaktoren auf die Akzeptanz und die jeweiligen räumlichen Verbreitungsmuster von Precision Farming zu erfassen. Ausgangspunkt für den gewählten Untersuchungsansatz waren die Ergebnisse zweier Voruntersuchungen, die begleitend zu preagro I in den Jahren 2001 und 2003 auf der AGRITECHNICA Messe⁹ stattfanden und die Voraussetzung für den Projektantrag zu preagro II bildeten. Der aus den Voruntersuchungen vorliegende Fragebogen wurde grundlegend

⁹ Weltweit größte Landtechnikausstellung, die alle 2 Jahre in Hannover stattfindet.

überarbeitet. Die Überarbeitung des Fragebogens erfolgte auf Grundlage der Auswertungsergebnisse der Voruntersuchungen, unter Berücksichtigung der Projektfragestellungen von preagro II sowie der formulierten Untersuchungsannahmen (vgl. Kapitel 5.1).

Folgende gültige Standards der empirischen Sozialforschung bilden den Untersuchungsrahmen: Für die Umfragen wurde ein standardisierter, einheitlicher Fragebogen mit fast ausschließlich geschlossenen Fragen verwendet. Auf diese Weise sollte die Vergleichbarkeit und Quantifizierbarkeit der Antworten gewährleistet werden. Darüber hinaus bietet die Vorgabe von Antwortmöglichkeiten den Vorteil, dass auch Personen, die Schwierigkeiten haben auf Fragen spontan und differenziert zu antworten, eine Möglichkeit der Meinungsäußerung gegeben wird. Ein Großteil der Fragen lässt Mehrfachantworten zu (multi-response questions). Bei der Entwicklung der Frage- und Antwortmöglichkeiten richtete sich das Hauptaugenmerk auf kurze und allgemeinverständliche Formulierungen (vgl. ATTESLANDER 2006; FINK 2006; SCHNELL ET AL. 2005).

Der Fragebogen enthielt Schlüsselfragen, anhand derer die interviewten Landwirte in unterschiedliche Interviewgruppen unterteilt wurden und gruppenspezifisch interviewt wurden. Die Einteilung der Befragungsgruppen richtete sich nach dem individuellen Kenntnisstand des interviewten Landwirts zum Thema Precision Farming und der Nutzungsintensität, mit der Precision Farming im eigenen Betrieb eingesetzt wurde. Je nach Befragungsgruppe umfasste der Fragebogen zwischen 9 und 50 Fragen. Die interviewten Landwirte untergliedern sich in folgende Befragungsgruppen:

- **Interviewgruppe A:** Landwirte, die nicht über Precision Farming informiert sind und diese Technologie nicht kennen (uninformierte Landwirte)
- **Interviewgruppe B:** Landwirte, die wissen was Precision Farming ist (informierte Landwirte)
- **Interviewgruppe C:** Landwirte, die wissen was Precision Farming ist, bisher die Technik aber nicht nutzen (Informierte Nichtnutzer)
- **Interviewgruppe D:** Landwirte, die planen Precision Farming innerhalb der nächsten 3 Jahren auf ihren Betrieben einzuführen (Potentielle Nutzer)

- **Interviewgruppe E:** Landwirte, die bisher nur die GPS-Flächenvermessung verwenden. Die GPS-Flächenvermessung hat sich in den letzten Jahren zwar schnell in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland verbreitet, jedoch muss die Verwendung dieser Methode nicht zwingend dazu führen, zukünftig weitere Precision Farming Methoden zu nutzen (Beginnende Nutzer)
- **Interviewgruppe F:** Landwirte, die bereits verschiedene Precision Farming Methoden anwenden (Nutzer)

Einen Überblick über die Aufteilung des Fragebogens in die unterschiedlichen Interviewgruppen mit den entsprechenden Schlüsselfragen liefert Abbildung 5.1. Der Ablaufplan für die Interviews mit den wichtigsten gruppenspezifischen Fragen ist in Abbildung 5.2 dargestellt.

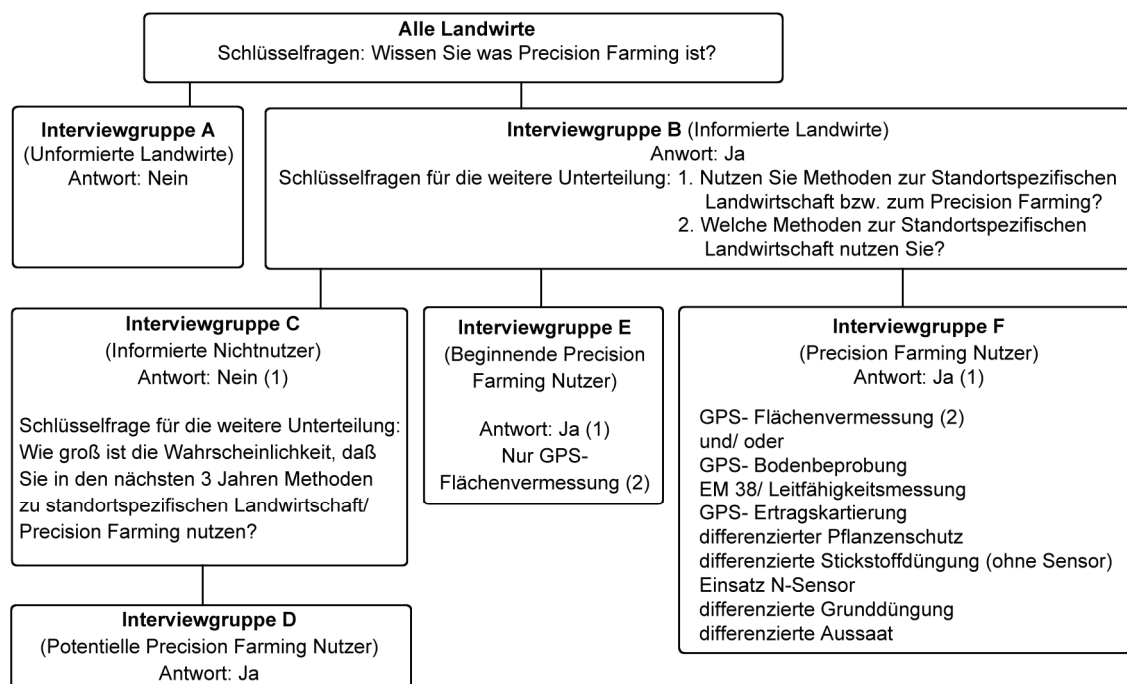


Abbildung 5.1: Übersicht über die verschiedenen Interviewgruppen

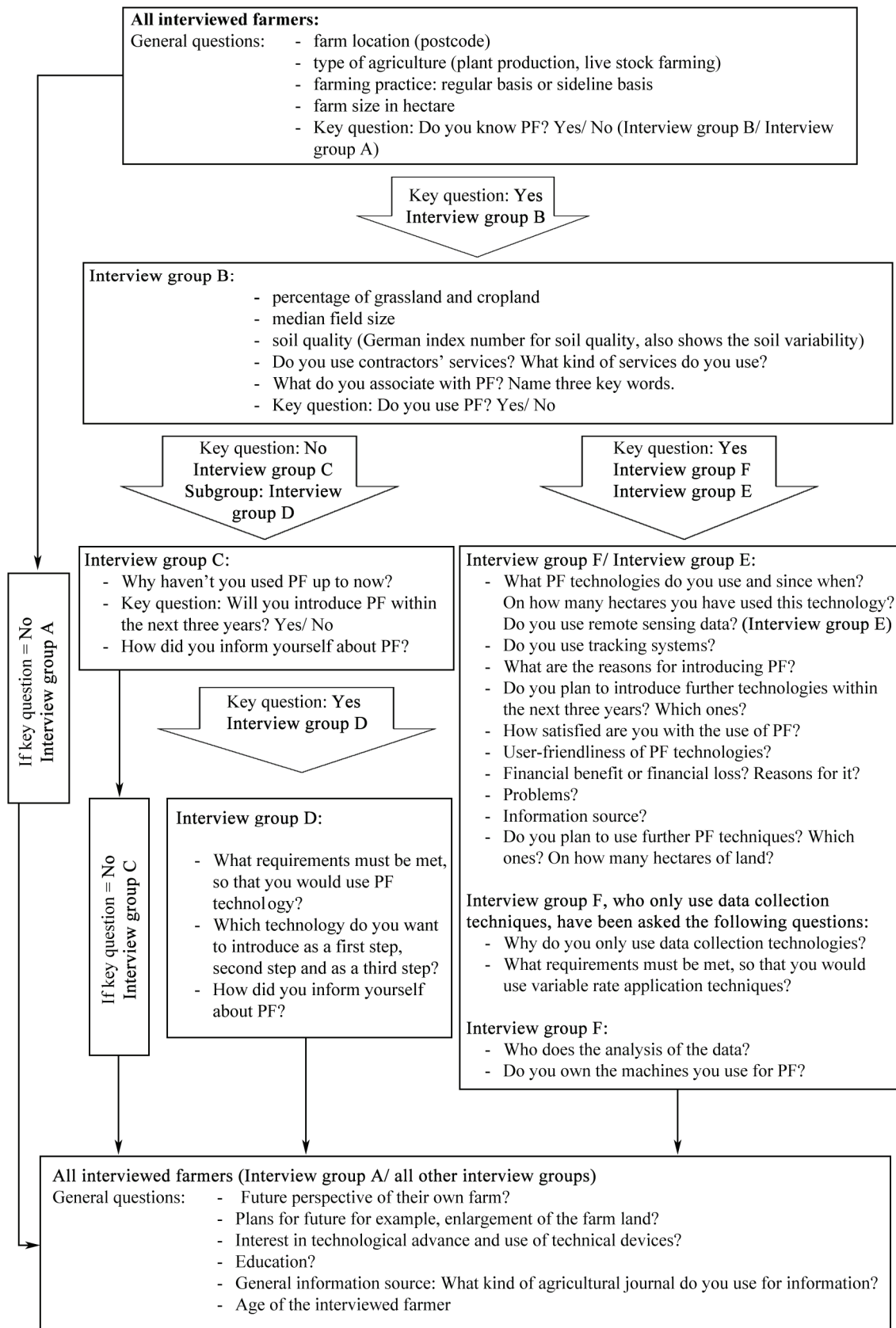


Abbildung 5.2: Übersicht über die verschiedenen Befragungsgruppen mit den wichtigsten gruppenspezifischen Fragen

Quelle: (REICHARDT & JÜRGENS 2009, S. 76, verändert)

Ähnlich wie in den Voruntersuchungen, fand die empirische Datenerhebung ebenfalls in Form von Einzelinterviews auf den Agritechnica-Messen 2005 und 2007 und auf den DLG-Feld-Tagen¹⁰ 2006 statt. Die Interviewpersonen wurden mittels einer spontanen Zufallsauswahl auf der Messe ausgesucht (vgl. ATTESLANDER 2006; SCHNELL ET AL. 2005), wobei die Befragung ausschließlich mit deutschen Landwirten erfolgte. Die Durchführung der Interviews entstand mit studentischer Unterstützung im Rahmen von Lehrveranstaltungen („Akzeptanz des Precision Farming in Deutschland – eine empirische Studie“), die im Wintersemester 2005/2006, im Sommersemester 2006 und im Wintersemester 2007/2008 am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum stattfanden. Im Rahmen der Lehrveranstaltung fand im Vorfeld der Befragungen eine thematische Einführung zu Precision Farming statt. Im Anschluss wurden die Seminarteilnehmer theoretisch und praktisch auf die Interviewsituation vorbereitet. Der Stichprobenumfang der einzelnen Umfragen auf den Agritechnica-Messen und den DLG-Feld-Tagen variiert zwischen 462 und 2319 gültigen Interviews. Bezogen auf die Grundgesamtheit der deutschen Besucher auf den DLG-Feld-Tagen bzw. auf der Agritechnica Messe repräsentieren die Befragten Landwirte zwischen 0,7 und 2,55 Prozent der deutschen Messebesucher (vgl. Tabelle 5.1).

Um die eigene Stichprobe zusätzlich statistisch abzusichern, wurden einzelne Untersuchungsvariablen der eigenen Befragung mit den Ergebnissen der offiziellen Besucherumfrage¹¹ verglichen. Beide Umfragen stimmen in der Frage nach den Betriebsgrößenklassen überein. Die Ergebnisse aus beiden Untersuchungen wurden mit Hilfe des Wald-Wolfowitz-Tests auf Verteilungsgleichheit überprüft (vgl. BROSIUS 2008).

¹⁰ DLG-Feld-Tage ist eine Freilandausstellung speziell für Pflanzenbauer, bei der die gesamte Branche für Pflanzenproduktion (von Saatgutherstellern, über Düngemittelherstellern bis hin zu Landtechnikherstellern) vertreten ist. Diese Ausstellung findet alle 2 Jahre an wechselnden Standorten statt. 2006 war der Veranstaltungsort in Hammersbach bei Frankfurt.

¹¹ Auf jeder Veranstaltung (Agritechnica, DLG-Feld-Tage) wird von Seiten der Veranstalter (DLG – Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft) eine offizielle Besucherumfrage durchgeführt.

Tabelle 5.1: Stichprobenumfang der Messeinterviews zu den verschiedenen Befragungszeitpunkten

	Stichprobenumfang	Umfang Grundgesamtheit¹² (Deutsche Messebesucher)	Prozentualer Anteil
2001	1.489	215.322	0,69 %
2003	2.319	190.431	1,22 %
2005	1913	215.387	0,89 %
2006	462	18.153	2,55 %
2007	2.047	269.197	0,76 %

Dabei lag das Signifikanzniveau für alle Tests bei 95 % ($p < 0,05$). Die H_0 Hypothese „Die Verteilung der Betriebsgrößenklassen stimmt zwischen den Umfragen überein“ wurde bei allen Untersuchungen angenommen (vgl. Tabelle 5.2). Exemplarisch zeigt Abbildung 5.3 die Verteilungsgleichheit zwischen den eigenen Umfragewerten und den Resultaten der offiziellen DLG Umfrage für das Jahr 2001. Im Anschluss an die Datenerhebung auf den Messen wurden die erhobenen Daten statistisch und GIS - gestützt ausgewertet (vgl. Kapitel 5.3).

Tabelle 5.2: Ergebnisse des Wald-Wolfowitz-Tests zur Prüfung der Verteilungsgleichheit der Betriebsgrößenklasse zwischen der eigenen Untersuchung und der offiziellen DLG-Umfrage

Umfrage	Signifikanz
2001	1,000
2003	1,000
2005	1,000
2006	1,000
2007	1,000

¹² Offizielle Angabe auf der Homepage der Agritechnica für die Jahre 2001, 2003, 2005, 2007 sowie auf der Homepage der DLG-Feld-Tage 2006.

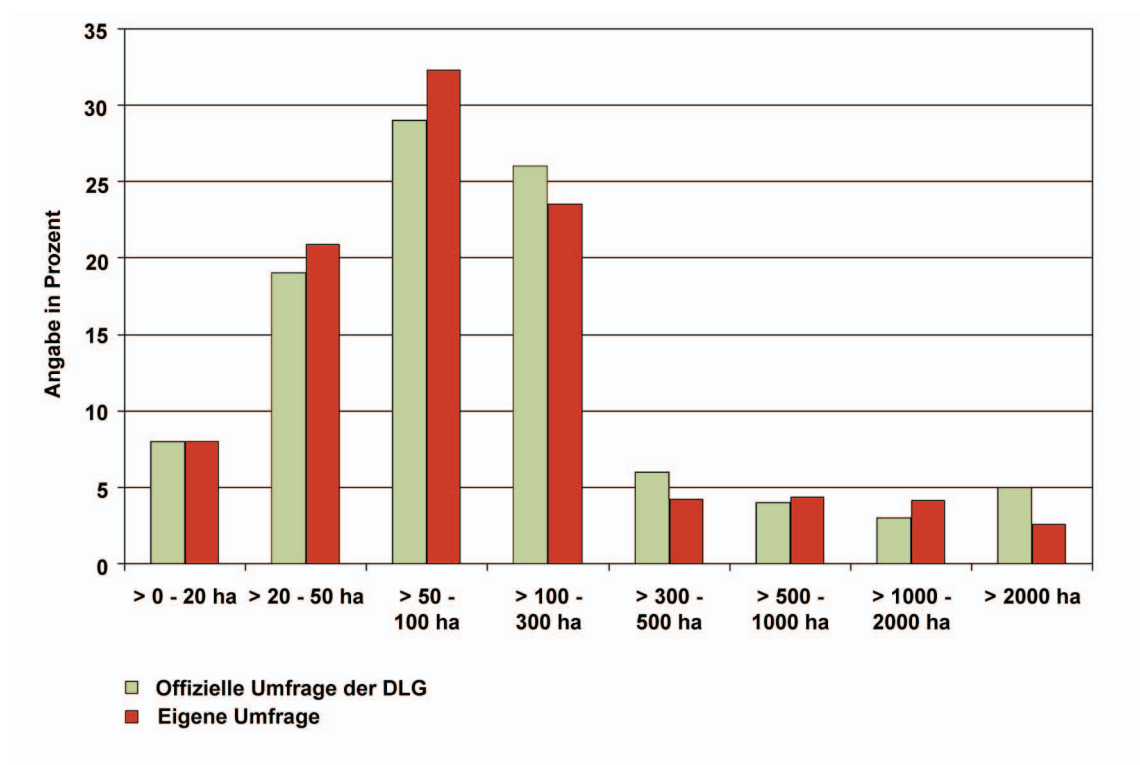


Abbildung 5.3: Vergleich der Ergebnisse der offiziellen DLG Umfrage mit der eigenen Untersuchung, Prozentuale Verteilung der Betriebsgrößenklassen (2001)

5.2.2 Qualitative Interviews mit Nutzern verschiedener Precision Farming Techniken

Aufbauend und ergänzend zu den quantitativen Interviews mit den Landwirten auf der AGRITECHNICA und bei den DLG-Feld-Tagen wurden 2007 qualitative, leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt. Voraussetzung war, dass die befragten Landwirte bereits verschiedene Precision Farming Technologien in ihren Betrieben einsetzen. Die Interviewpartner werden insofern als Experten verstanden, als dass sie „Teil des Handlungsfeldes sind, das den Forschungsgegenstand ausmacht“ (MEUSER & NAGEL 2005, S. 73). Auch gelten die interviewten Landwirte aufgrund ihrer persönlichen Erfahrungen mit der Implementierung und Nutzung von Precision Farming im Betrieb als Experten für den Praxiseinsatz von Precision Farming.

Ein für die Expertengespräche konzipierter Leitfaden mit 11 ausschließlich offenen Hauptfragen mit Nebenfragen (der vollständige Fragebogen ist im Anhang der vorliegenden Arbeit zu finden) bildete die Befragungsgrundlage. Die Vorgehensweise der offenen Fragestellung bietet den Vorteil, dass einerseits der Interviewte ausführlich und differenziert auf Fragen antworten kann. Andererseits

kann der Interviewer gezielte Nachfragen stellen, um einzelne Aspekte zu vertiefen oder auf neue Aspekte, die in den Antwortreaktionen des Interviewten auftauchen, einzugehen (MEIER-KRUKER & RAUH 2005; ATTESLANDER 2006). Ziel war es, vertiefende Erkenntnisse zu den ausschlaggebenden Adoptionsfaktoren, den existierenden Akzeptanzmustern und -hemmnissen sowie zu den Problemen beim Einsatz dieser Technologie zu bekommen. Der Gesprächsleitfaden war so strukturiert, dass eingangs zunächst die betrieblichen Parameter abgefragt wurden. Darauf folgten Fragen zum bisherigen Adoptionsverlauf von Precision Farming auf dem jeweiligen Betrieb. Dabei wurde nach der Motivation für die Einführung von Precision Farming, nach den bisherigen Erfahrungen und Problemen beim Umgang mit dieser Technologie gefragt. Abschließende Fragen zielten auf die zukünftige Nutzung und Ausweitung der bisherigen Precision Farming Anwendungen und die notwendigen Voraussetzungen sowie die Perspektiven von Precision Farming in Deutschland allgemein ab.

Die Interviewpartner waren Landwirte aus den Messeumfragen, die sich für eine weitere ausführlichere Befragung zur Verfügung stellten und Referenzkunden der Firma *Agricon*. Insgesamt wurden im Vorfeld der Expertengespräche 83 Landwirte kontaktiert, um einen Interviewtermin zu vereinbaren. Letztendlich stellten sich nur 29 der ursprünglich 83 kontaktierten Landwirte für ein ausführliches Interview zur Verfügung. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs kann diese Untersuchung zwar nicht als repräsentativ für die Nutzung und Verbreitung von Precision Farming Technologien in Deutschland gesehen werden, jedoch zeigt die Studie, in Ergänzung zu den Messeumfragen, wichtige Aspekte der aktuellen Akzeptanzsituation und Kriterien für zukünftige Entwicklungsperspektiven von Precision Farming in Deutschland auf.

Die Interviews wurden mittels eines Diktiergerätes aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Bei den durchgeführten Interviews handelt es sich um Experteninterviews, bei denen, im Gegensatz zu anderen Formen des offenen Interviews, die Person als Repräsentant einer Gruppe bzw. Institution gesehen wird. Daher wurde eine rein inhaltliche Transkription ohne Kommentierung vorgenommen. Die Auswertung der qualitativen Interviews orientiert sich an dem von *Meier-Kruker* und *Rauh* vorgestellten einfachen Auswerteverfahren (MEIER-KRUKER & RAUH 2005), bei dem die Interviews nach Themenbereichen untergliedert ausgewertet werden. Dabei werden für jedes Interview die wichtigsten

Kernaussagen zu den verschiedenen Themenbereichen aus dem Transkript herausgeschrieben und denen aus anderen Interviews gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung der Kernaussagen zu den einzelnen Themenbereichen erfolgt anhand einer Auswertungsmatrix. Die Kernaussagen aus den einzelnen Interviews lassen sich kategorisieren und nach Gruppen zusammenfassen. Die Ergebnisse werden in Beziehung zu den Ergebnissen der quantitativen Umfragen sowie in Beziehung zu der ursprünglichen Forschungsfrage gebracht.

5.2.3 Telefoninterviews mit den verschiedenen Akteursgruppen in der deutschen Landwirtschaft

Neben der Hauptakteursgruppe der Landwirte wurden auch andere Akteursgruppen der Landwirtschaft in die Untersuchung mit einbezogen, um so ein umfassendes Bild von der Akzeptanz und Verbreitung von Precision Farming Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis zu bekommen.

Im Bereich der Ausbildung wurden Lehrer an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen zu ihrem jeweiligen Kenntnisstand zu Precision Farming und dem Umfang von Precision Farming Themen in der schulischen Ausbildung befragt. Als Methode der empirischen Datenerhebung wurde das Telefoninterview auf Basis eines standardisierten Fragebogens gewählt. Bei der Entwicklung des Fragebogens galt es, die sozialwissenschaftlichen Standards für Telefoninterviews zu berücksichtigen (vgl. ATTESLANDER 2006; SCHNELL ET AL. 2005):

- Die Fragen und Antwortmöglichkeiten wurden so formuliert, dass sie leicht verständlich waren und der Befragte dem Interview gut folgen konnte
- Der Umfang des Fragebogens wurde auf 22 Fragen begrenzt, um sicher zu gehen, dass sich für die Gesamtdauer des Interviews die Aufmerksamkeit des Befragten auf das Interview konzentriert
- Zur besseren Vergleichbarkeit und Quantifizierbarkeit der Ergebnisse wurden überwiegend geschlossene Fragen verwendet. Der Fragebogen enthielt neben Einfachantworten auch Fragen bei denen Mehrfachantworten möglich waren

- Die Antwortmöglichkeiten der Fragen wurden kodiert, um sie anschließend statistisch auswerten zu können

Die Umfrage fand in der Zeit von Mai 2005 bis Ende Oktober 2005 statt. Im Vorfeld des eigentlichen Interviews fand zunächst ein telefonisches Vorgespräch statt, das die Schulen über die Zielsetzung und den Umfang des Interviews informierte. Bei einer Bereitschaft zur Teilnahme an der Umfrage wurde ein Interviewtermin vereinbart. Ursprünglich war die Umfrage so angelegt, dass pro Bundesland (mit Ausnahme von Hamburg, Berlin und Bremen) 10 Schulen für die Teilnahmen vorgesehen waren, um so eine möglichst gleichmäßige räumliche Verteilung in Deutschland zu erreichen. Diese Vorgabe war jedoch nicht realisierbar, da nicht in jedem Bundesland ausreichend viele Schulen existieren, die im Bereich Landwirtschaft ausbilden und viele Schulen nicht für ein Interview zur Verfügung standen. Von den ursprünglich 136 kontaktierten Schulen haben 89 Schulen an der Untersuchung teilgenommen.

Eine weitere wichtige Akteursgruppe in der Landwirtschaft, die ebenfalls in der Umfrage Berücksichtigung fanden, ist die Gruppe der landwirtschaftlichen Berater. Die Berater wurden ebenfalls zu ihrem Kenntnisstand bezüglich Precision Farming und dem Beratungsumfang, den dieses Thema einnimmt, interviewt. Die Datenerhebung erfolgte in Form von Telefoninterviews, die mit Hilfe eines hierfür konzipierten, standardisierten Fragebogens durchgeführt wurden. Die Entwicklung des Fragebogens basierte auf den bereits oben erläuterten sozialwissenschaftlichen Standards für Telefoninterviews. Der gesamte Fragebogen ist im Anhang abgebildet. Die Umfrage fand ebenfalls im Zeitraum von Mai 2005 bis Ende Oktober 2005 statt. Um eine möglichst gleichmäßige räumliche Verteilung der Interviewpartner zu gewährleisten, sollten ursprünglich 10 Berater pro Bundesland - mit Ausnahme der Bundesländer Bremen, Hamburg und Berlin - interviewt werden.

Aufgrund der mangelnden Teilnahmebereitschaft einiger Berater und der Unterschiede in den Beratungsstrukturen der einzelnen Bundesländer¹³, musste von dieser Vorgabe abgewichen werden. Ähnlich wie bei den Schulen wurden die Berater im Vorfeld des eigentlichen Interviews kontaktiert, um sie über die Umfrage zu informieren und einen Gesprächstermin zu vereinbaren. Insgesamt waren 89 der zuvor 189 kontaktierten Berater bereit, an der Umfrage teilzunehmen.

Als dritte wichtige Akteursgruppe in der Landwirtschaft wurden Vertreter von Firmen aus dem Bereich Landtechnik und Softwareentwicklung interviewt. Von Interesse war ihre Einschätzung der gegenwärtigen und zukünftig zu erwartenden Marktsituation von Precision Farming in Deutschland und deren Ursachen sowie eine Stellungnahme zu den vorhandenen Problemen beim Umgang mit der Technik. Die Umfrage fand in der Zeit von Mai 2005 bis September 2005 statt und wurde in Form von Telefoninterviews anhand eines hierfür entwickelten, standardisierten Fragebogens durchgeführt. Die Vorgehensweise für die Entwicklung des Fragebogens und die Durchführung der Interviews entsprach der bei den anderen beiden Akteursgruppen. Von den insgesamt 30 kontaktierten Firmen nahmen 23 am Interview teil.

5.3 Datenauswertung

5.3.1 Statistische Datenauswertung

Die statistische Auswertung der Untersuchungsdaten erfolgte anhand des Statistikprogramms SPSS 18.0. Ziel war es, die in 4.1 aufgestellten Annahmen zu den inneren und äußeren Adoptionsfaktoren auf Basis der empirischen Daten zu überprüfen. Dabei wurde besonders die Gruppe der Landwirte auf charakteristische Merkmale und spezifische Akzeptanzmuster hin untersucht. Der Einfluss äußerer Adoptionsfaktoren auf den Diffusionsprozess von Precision Far-

¹³ Die Beratungstätigkeit in den alten Bundesländern liegt überwiegend im Verantwortungsreich der Landwirtschaftsämter oder Landwirtschaftskammern. In den neuen Bundesländern hingegen wird die Beratungstätigkeit von privaten Unternehmen oder Maschinenringen übernommen, die überregional organisiert sind und deren Beratungsgebiete sich über mehrere Bundesländer erstrecken können.

ming wurde anhand der Produkteigenschaften analysiert. Es wurde überprüft, inwieweit ein statistischer Zusammenhang zwischen den Produkteigenschaften und den vorliegenden Akzeptanzmustern nachweisbar ist und welche Zusammenhangsstärke diese aufweisen.

Der Großteil der erhobenen Daten hat ein nominales oder ordinales Skalenniveau. Deshalb wurden für die statistische Auswertung der Daten parameterfreie Testverfahren verwendet. Anhand des Chi-Quadrat-Tests nach PEARSON konnte bestimmt werden, inwieweit sich die verschiedenen Befragungsgruppen in ihren charakteristischen Merkmalen und ihren Akzeptanzmustern signifikant voneinander unterscheiden (H_0 –Hypothese: „Die Befragungsgruppen gleichen sich in ihren charakteristischen Merkmalen und ihren Akzeptanzmuster“ und H_1 -Hypothese: „Die Untersuchungsgruppen unterscheiden sich in ihren charakteristischen Merkmalen und ihren Akzeptanzmustern voneinander“). Das Signifikanzniveau liegt in allen Untersuchungen bei 95 % ($p < 0,05$). Daten mit einem kontinuierlichen metrischen Skalenniveau wurden mit Hilfe der Varianzanalyse und anhand des Scheffé-Test auf signifikante Unterschiede zwischen den Befragungsgruppen untersucht. Für diese Untersuchungen lag das Signifikanzniveau ebenfalls bei 95% ($p < 0,05$). Als weiterer Parameter wurde die statistische Zusammenhangsstärke zwischen einzelnen Variablen erfasst. Bei Daten mit rein nominaler Datenstruktur wurde die Zusammenhangsstärke anhand des korrigierten Kontingenzkoeffizienten bestimmt. Für Daten mit ordinaler Datenstruktur erfolgte die Berechnung der Korrelation mit Hilfe des Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN (BORTZ 2005; SCHNELL ET AL. 2005).

Ergänzend wurde der zeitliche Diffusionsprozess von Precision Farming untersucht. Die Veränderung der Stichprobenzusammensetzung (prozentuale Verteilung der interviewten Landwirte auf die Untersuchungsgruppen) über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007 galt als Indikator für die Diffusion. Die Erfassung der Trendentwicklung in diesem Zeitraum sowie die Trendstärke erfolgte über die Berechnung der linearen Regression, mit dem Faktor Zeit (= Jahr) als unabhängiger Variable und der prozentualen Gruppenstärke als abhängiger Variable. Die Regression wird in diesem Zusammenhang nicht als Maß für eine kausale Beziehung zwischen den beiden Variablen gesehen, sondern soll lediglich den linearen Trend der Zeitreihe erfassen (vgl.

BAHRENBURG ET AL. 1999). Grundlage für die Berechnung der Regression bilden die transformierten Werte der Jahreszahlen (vgl. BAHRENBURG ET AL. 1999).

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse aus den Telefoninterviews (mit den landwirtschaftlichen Beratern, Lehrern an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen und den Vertretern der landtechnischen Industrie) erfolgte anhand ausgewählter Methoden der deskriptiven Statistik. Für alle Variablen wurde die univariate Häufigkeitsverteilung ermittelt und die Ergebnisse wurden grafisch dargestellt. Anschließend erfolgte ein Vergleich mit den Umfrageergebnissen bei den Landwirten.

5.3.2 GIS – gestützte multitemporale Datenauswertung

Die bisher aufgeführten Analysemethoden sagen sehr wenig über die räumliche Verteilung und den raumzeitlichen Diffusionsprozess von Precision Farming in Deutschland aus. Um räumliche Strukturen und raumzeitliche Diffusionsmuster besser erfassen zu können, bot es sich an, die Daten ergänzend zu den statistischen Auswertungen mit Hilfe von GIS zu analysieren. Die Bearbeitung der Daten sowie die multitemporale Auswertung und Darstellung der Untersuchungsergebnisse erfolgte mit Hilfe des Geographischen Informationssystems ArcGIS 9.3 der Firma ESRI. Um die Untersuchungsdaten in ArcGIS visualisieren zu können, benötigen die Daten einen Raumbezug. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Raumbezug durch die in den Interviews erhobenen Postleitzahlen der Betriebe hergestellt. Die Auswertung der Daten basiert auf einer digitalen Postleitzahlenkarte von 2005, erstellt von der Firma Lutum & Tappert DV-Beratung GmbH Bonn. Die Betriebe der interviewten Landwirte konnten anhand der Postleitzahl lokalisiert und anschließend als Punkt auf der Postleitzahlenkarte digitalisiert werden. Dies setzt eine vollständige und richtige Angabe der Postleitzahl voraus. Da die Angaben zu den Postleitzahlen der Betriebe teilweise unvollständig oder falsch waren, konnten nicht alle Umfrageergebnisse in der GIS-Analyse berücksichtigt werden. Demzufolge unterscheiden sich die Stichprobenumfänge der GIS-Auswertung von denen der statistischen Auswertung. Die Befragungsgruppen F (Nutzer), E (beginnende Nutzer) und D (potenzielle Nutzer) wurden in der multitemporalen GIS-Auswertung berücksichtigt. Neben der reinen Visualisierung der Untersuchungsergebnisse, sollten die in

Kapitel 5.1 aufgestellte Annahme überprüft werden. Um räumliche Strukturen nachweisen zu können, wurden Dichtekarten mit der räumlichen Verteilungsdichte der Interviewgruppe F (Nutzer) für den Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007 berechnet. Anhand der Karten sollen die Cluster räumlicher Verteilungsmuster sowie die raumzeitlichen Diffusionsmuster von Precision Farming erfasst werden. Für die Dichteberechnung stellt ArcGIS zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung: zum ersten die Berechnung der *Simple Density* zum zweiten die der *Kernel Density*. Beide Methoden gehören zu den rasterbasierten Verfahren, bei denen ein Ergebnisraster mit der Punktdichte erzeugt wird. Die Software berechnet für jedes Rasterpixel einen Dichtewert. Unterscheidungsmerkmale finden sich lediglich in den voneinander abweichenden Berechnungsstandards. Für die Berechnung der *Simple Density* wird eine Nachbarschaftsfläche um jede Rasterzelle definiert. Die Punktdichte für jede Rasterzelle berechnet sich aus der Summe der Punkte in einer Nachbarschaftsfläche geteilt durch die Größe der Nachbarschaftsfläche. Eine Vergrößerung der Nachbarschaftsfläche nimmt trotz der größeren Anzahl von Punkten keinen Einfluss auf die Verteilungsdichte der Daten, da die Punkte sich auf eine größere Fläche beziehen. Viel mehr resultieren aus der Vergrößerung der Nachbarschaftsflächen stärkere Generalisierungseffekte des Ergebnisrasters. Die Berechnung der *Kernel Density* durchläuft einen ähnlichen Prozess: die Verteilungsdichte eines Punktfeatures wird auf Grundlage eines um den jeweiligen Punkt festgelegten Suchradius bestimmt. Im Unterschied zur Berechnung der *Simple Density* bezieht sich die Berechnung der *Kernel Density* auf eine Gewichtung der Punkte, je nach ihrer Lage im Suchradius (Oberflächenwert). Der Faktor für die Berechnung des Oberflächenwertes eines Punktes nimmt, ausgehend vom eigentlichen Punkt zum Rand des Suchradius, immer weiter ab. Die Oberflächenwerte beschreiben so einen gleichmäßigen Kurvenverlauf, der im Zentrum des jeweiligen Suchradius sein Maximum hat und zu den Rändern hin abnimmt. Die Berechnung der jeweiligen Pixelwerte basiert auf der quadratischen Kernel Funktion (vgl. SILVERMAN 1986). Überlagern sich die Suchradien verschiedener Punkte, werden die berechneten Kernelwerte aufaddiert. Das Ergebnisraster enthält den für jede Rasterzelle berechneten Kernelwert. Beide Verfahren eignen sich für die Modellierung der räumlichen Verteilung der verschiedenen Befragungsgruppen.

6 Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die existierenden Akzeptanzmuster für die Verbreitung von Precision Farming Technologien in der deutschen Agrarlandschaft und die sie bedingenden Faktoren vorgestellt und analysiert. Die Ergebnisse sind den Untersuchungsgruppen entsprechend aufgeführt. Eingangs erfolgt zunächst die Vorstellung der Ergebnisse aus den qualitativen und quantitativen Untersuchungen mit den Landwirten. In den darauf folgenden Abschnitten werden die Untersuchungsergebnisse aus den Interviews mit den anderen Akteursgruppen in der Landwirtschaft (Lehrer an Landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen, landwirtschaftliche Berater, Vertreter der landtechnischen Industrie) vorgestellt.

6.1 Akzeptanzsituation von Precision Farming in Deutschland aus Sicht der deutschen Landwirte

6.1.1 Eigenschaften der Interviewten Landwirte (Ergebnisse der quantitativen Interviews)

Die Untersuchungsergebnisse aus den verschiedenen Umfragejahren zeigen alle ähnliche räumliche Verteilungsmuster mit einem Verbreitungsschwerpunkt in Niedersachsen bei den Untersuchungen auf der Agritechnica (2001, 2003, 2005, 2007) und einem Verbreitungsschwerpunkt in Hessen und dem benachbarten Bayern bei der Untersuchung auf den DLG-Feldtagen 2006. An zweiter Stelle liegen die Bundesländer Bayern und Nordrhein-Westfalen mit einem Anteil von 15 % bis 20 % an den interviewten Landwirten. Die Bundesländer Hamburg, Bremen und Berlin sind mit einem prozentualen Anteil an Interviewpartnern zwischen 0 % und 1 % so gut wie gar nicht in den Umfragen berücksichtigt. Der Anteil der Landwirte aus den neuen Bundesländern sowie der Anteil der Landwirte aus dem Saarland liegt in allen Umfragen unter 5 % (vgl. Abbildung 6.1 und 6.2).

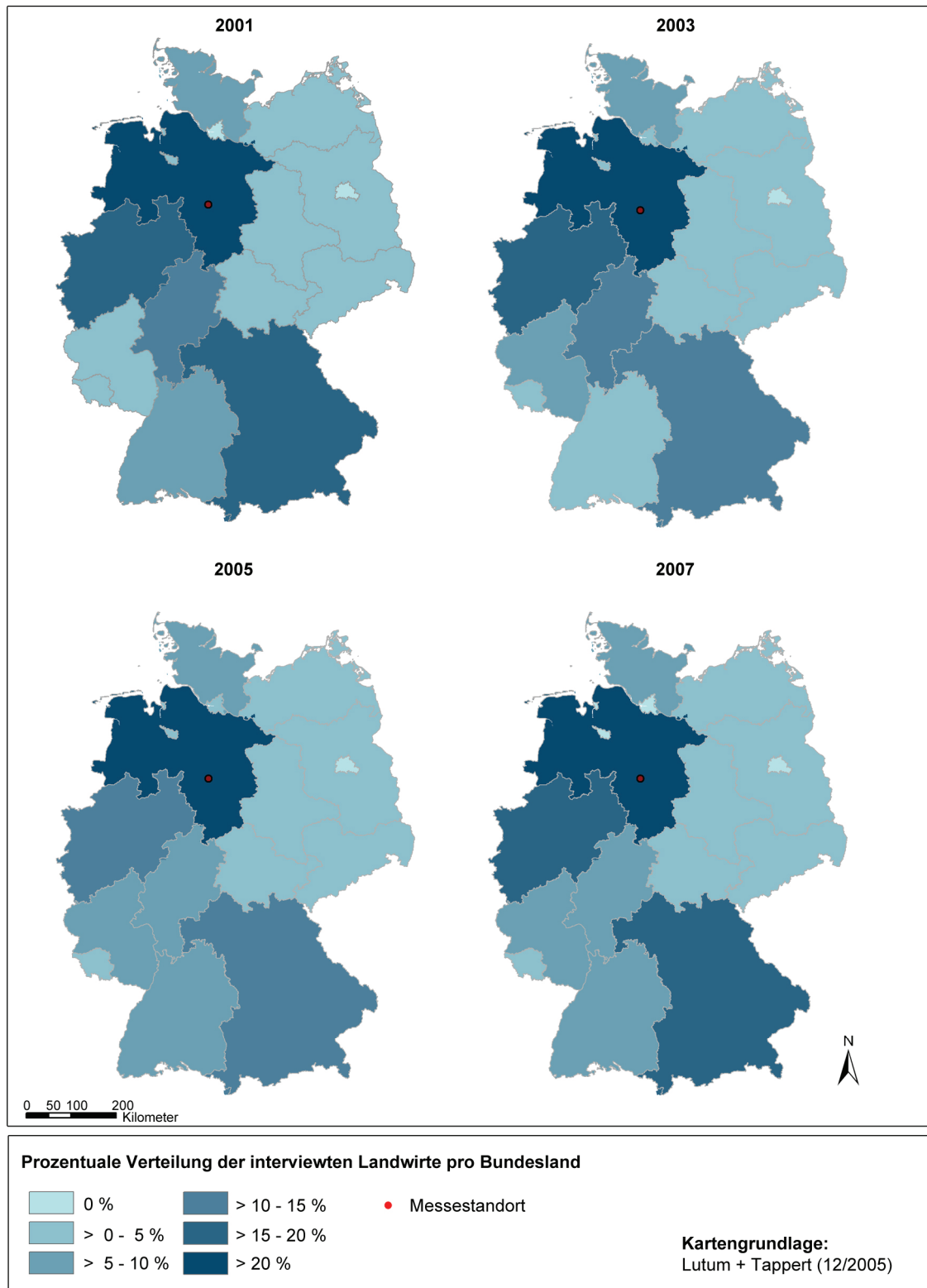


Abbildung 6.1: Prozentualer Anteil der interviewten Landwirte pro Bundesland, aufgeführt nach Umfragejahren für die Untersuchung auf der Agritechnica Messe

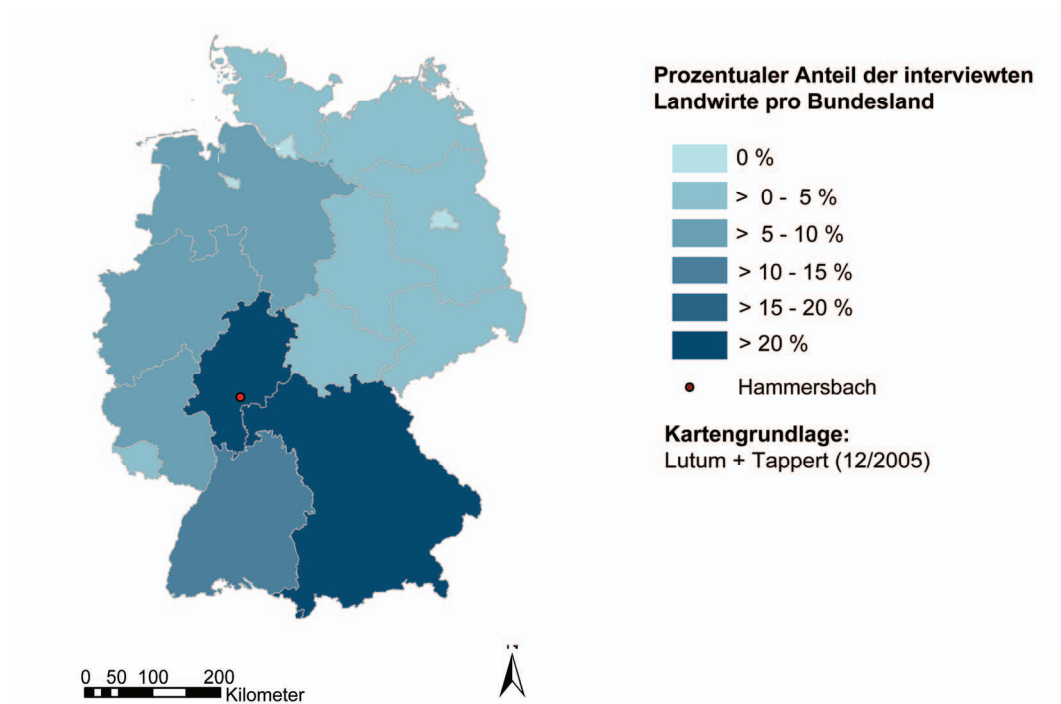


Abbildung 6.2: Prozentualer Anteil der interviewten Landwirte pro Bundesland für die DLG-Feldtage 2006

Die interviewten Landwirte wurden entsprechend ihrem Kenntnisstand zu Precision Farming und dem Einsatzumfang dieser Technologien auf ihren Betrieben in verschiedene Interviewgruppen unterteilt (vgl. Kapitel 5, Abbildung 5.1). Die prozentuale Zusammensetzung der Stichproben aus den unterschiedlichen Interviewgruppen ist nach Umfragejahren in Tabelle 6.1 aufgelistet und in Abbildung 6.3 dargestellt. In allen Umfragejahren setzen sich die Stichproben im Wesentlichen aus Landwirten der Interviewgruppe A (uninformierten Landwirte) und der Interviewgruppe C (informierten Nichtnutzer) zusammen. Der prozentuale Anteil der Interviewgruppe A (uninformierten Landwirte) unterliegt deutlichen Schwankungen zwischen den einzelnen Untersuchungsjahren (höchster Anteil 2003 mit 50,67 %, niedrigster Anteil 2006 mit 28,14 %). Dennoch lässt sich über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007 eine tendenzielle Abnahme bei der Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) um 2,39 % pro Jahr feststellen ($r = -0,66$; $r^2 = 0,44$). Der prozentuale Anteil der Landwirte an Interviewgruppe C (informierten Nichtnutzer) bleibt, mit Ausnahme der Untersuchungsergebnisse von 2006, über den gesamten Untersuchungszeitraum in etwa auf dem gleichen Niveau (vgl. Abbildung 6.3) und liegt im Mittel bei einem Prozentanteil von 45 %. Landwirte, die bereits Precision Farming

Technologien auf ihren Betrieben einsetzen (Interviewgruppe E und F) bzw. mit dem Gedanken spielen, diese Technologie in den nächsten Jahren auf ihren Betrieben einzuführen (Interviewgruppe D), bilden in fast allen Umfragejahren die kleinsten Interviewgruppen. Mit Ausnahme von 2006 liegt ihr prozentualer Anteil in allen Umfragen unter 10 %. Die Interviewgruppen E (beginnende Nutzer) und F (Nutzer) verzeichnen eine kontinuierliche Zunahme über den gesamten Untersuchungszeitraum. Der Anteil der Interviewgruppe E (beginnenden Nutzer) hat in der Zeit von 2001 bis 2007 tendenziell um 0,39 % pro Jahr zugenommen und ist von 3,43 % (2001) auf 6,30 % (2007) angestiegen.

Tabelle 6.1: Stichprobenumfang und Stichprobenzusammensetzung in absoluten und in relativen Zahlen

	2001		2003		2005		2006		2007	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Alle Landwirte	1489	100	2319	100	1913	100	462	100	2047	100
Interviewgruppe A	686	46,07	1175	50,67	848	44,33	130	28,14	792	38,70
Interviewgruppe B	803	53,93	1144	49,33	1065	55,67	332	71,86	1255	62,30
Interviewgruppe C	653	43,85	875	37,73	828	43,28	259	56,06	931	45,50
Interviewgruppe D	126	8,46	137	5,91	167	8,73	47	10,17	146	7,10
Interviewgruppe E	51	3,43	98	4,23	85	4,44	22	4,76	129	6,30
Interviewgruppe F	99	6,65	171	7,37	152	7,95	51	11,04	195	9,50

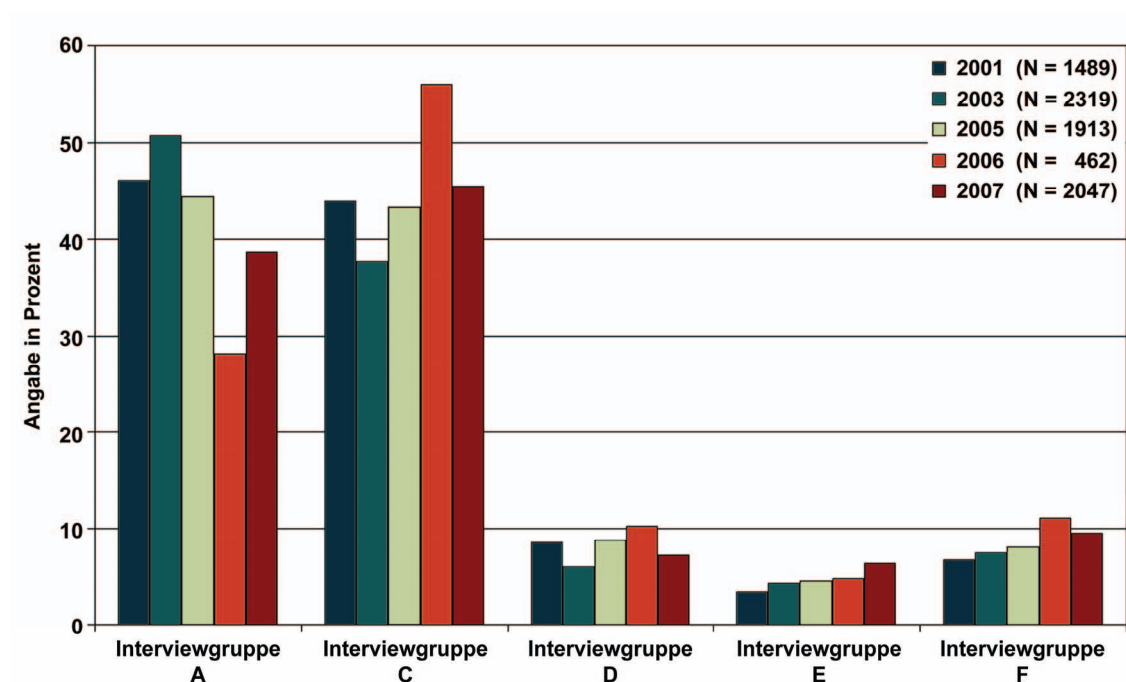


Abbildung 6.3: Prozentualer Anteil der interviewten Landwirte an den Befragungsgruppen

Anhand der Regression lässt sich ein deutlicher, positiver linearer Trend nachweisen ($r = 0,89$, $r^2 = 0,80$). Die Interviewgruppe F (Nutzer) weist ebenfalls eine positive Trendentwicklung ($r = 0,84$; $r^2 = 0,70$), mit einer jährlichen Zuwachsrate von im Durchschnitt 0,61 %, auf. Im Zeitraum von 2001 bis 2007 hat ihr Anteil von 6,69 % auf 9,5 % zugenommen.

Nachstehend folgen zunächst die soziodemographischen Angaben über die interviewten Landwirte. Die Ergebnisse aus den verschiedenen Untersuchungen weisen Ähnlichkeiten in der Altersstruktur auf (vgl. Abbildung 6.4 (A)). In allen Umfragen ist der Großteil der interviewten Landwirte in den Altersgruppen zwischen 20 und 34 Jahren sowie zwischen 35 und 50 Jahren zu finden. Der Prozentanteil an der Altersklasse der 20 bis 34-jährigen bleibt über den gesamten Untersuchungszeitraum in etwa konstant bei 37 %. Die Altersgruppe der 35 bis 50-jährigen verzeichnet hingegen einen leichten Rückgang von 42,2 % (2001) auf 35,3 % (2007). Bei der Gruppe der über 50-jährigen variieren die Werte zwischen den einzelnen Untersuchungsterminen (vgl. Abbildung 6.4 (A)). Die Gruppe der unter 20-jährigen ist in allen Untersuchungen nur zu einem geringen Prozentsatz (im Mittel der Untersuchungen 8 %) vertreten. Dennoch hat ihr Anteil über den gesamten Untersuchungszeitraum von 3,36 % auf 12 % zugenommen (vgl. Abbildung 6.4 a). Die verschiedenen Interviewgruppen unterscheiden sich in ihren Altersstrukturen signifikant voneinander, es besteht jedoch nur ein geringer statistischer Zusammenhang zwischen der Gruppenzugehörigkeit und der Altersstruktur (vgl. Tabelle 6.2).

Bei der Interviewgruppe F (Nutzer) zeigt sich eine Verschiebung der Altersklassen über den gesamten Untersuchungszeitraum. In den Umfragejahren 2001 und 2003 war der Großteil der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) in der Altersklasse 35 bis 50 Jahre zu finden (2001: 52,4 %; 2003 58,5 %), die Altersklasse 20 bis 34 Jahre war im Vergleich dazu kaum vertreten (27% (2001); 23 % (2003)). Bis 2007 haben sich die Altersstrukturen verschoben: der prozentuale Anteil an der Altersgruppe der 35 bis 50-jährigen hat über den gesamten Untersuchungszeitraum abgenommen (2007: 35,5 %), gleichzeitig hat der Anteil der 20 bis 34-jährigen zugenommen (2007: 41 %) (vgl. Abbildung 6.4 (F)). Noch deutlicher ist dieser Wechsel in der Altersstruktur bei der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) zu sehen (vgl. Abbildung 6.4 (E)). Die Interviewgruppe A

(uninformierte Landwirte) unterscheidet sich in ihrer Altersstruktur deutlich von den anderen Untersuchungsgruppen. Über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007 weist die Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) einen höheren Anteil an der Altersklasse der unter 20 und der über 50-jährigen auf (vgl. Abbildung 6.4 (B))

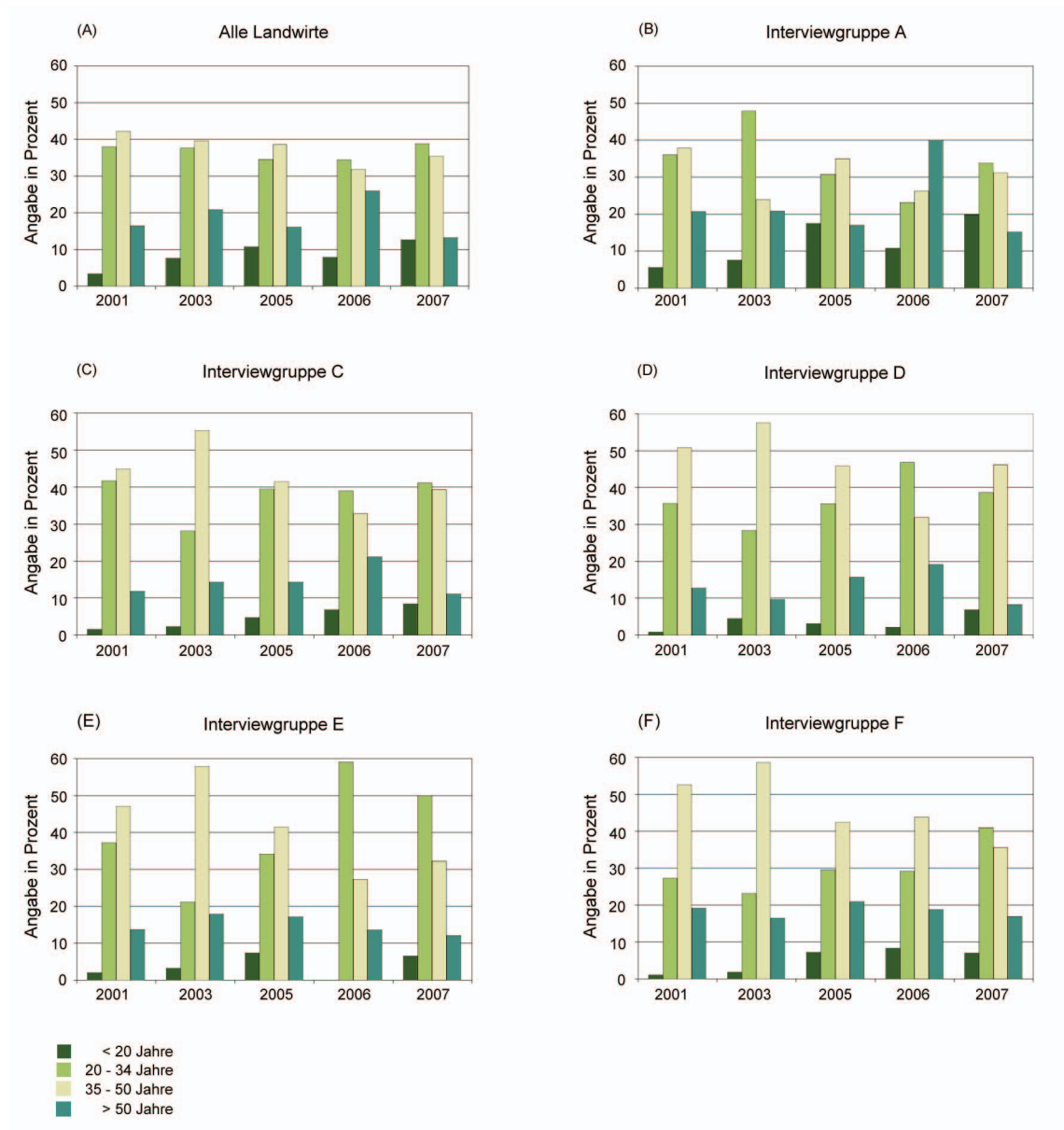


Abbildung 6.4: Altersstruktur der interviewten Landwirte, aufgelistet nach Interviewgruppen und Umfragejahren

Tabelle 6.2: Ergebnisse des χ^2 -Tests: Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen in der Altersstruktur

Jahr	χ^2-Wert	Sig.	C_{corr}
2001	51,161	,000	,21
2003	265,440	,000	,36
2005	88,025	,000	,24
2006	35,013	,000	,30
2007	84,047	,000	,23

Hinsichtlich des Ausbildungsstandes zeigen sich ebenfalls Unterschiede zwischen den einzelnen Interviewgruppen. Abbildung 6.5 gibt einen allgemeinen Überblick, welche Ausbildung die interviewten Landwirte in den verschiedenen Interviewgruppen haben. Dabei wird in allen Umfragen jeweils nur der höchste Bildungsabschluss für die Auswertung berücksichtigt. Bei der Analyse der Daten muss beachtet werden, dass der Fragebogen nach den Voruntersuchungen 2001 und 2003 überarbeitet wurde und daher ab der Umfrage 2005 ergänzende Antwortmöglichkeiten beinhaltet. Der Fragebogen wurde um die folgenden Antwortmöglichkeiten ergänzt: Landwirtschaftlich Technischer Assistent (LTA), staatlich geprüfter Landwirt und Landmaschinenmechaniker. Folglich weisen die Umfragen ab 2005 eine andere prozentuale Verteilung als die vorherigen Untersuchungen auf. Dennoch ist in allen Umfragen der Abschluss des Landwirtschaftsmeisters am weitesten verbreitet (vgl. Abbildung 6.5 (A)). Im Mittel aller Untersuchungen haben 32 % aller interviewten Landwirte einen Berufsabschluss als Meister gemacht. Die Berufsgruppe die am zweithäufigsten als Interviewpartner vertreten ist, ist die Gruppe der landwirtschaftlichen Gesellen. Über den gesamten Untersuchungszeitraum ist ihr Anteil an der Gesamtstichprobe von 27 % (2001) auf 20 % (2007) gesunken. Im Mittel haben 19 % der Landwirte einen Hochschulabschluss, entweder als Diplom-Landwirt (Uni/ FH) oder sie haben einen Hochschulabschluss in einem Fach außerhalb der Agrarwissenschaften. Der Anteil der Landwirte mit einer nicht landwirtschaftlichen Ausbildung liegt, mit Ausnahme der Umfrage 2006 (5,9 %), im Durchschnitt bei 16 %. Die anderen Ausbildungsabschlüsse sind gar nicht oder nur zu einem geringen Prozentsatz in den Umfrageergebnissen vertreten (vgl. Abbildung 6.5

(A)). Die einzelnen Interviewgruppen unterscheiden sich deutlich in ihrem Bildungsgrad voneinander. So zeigt sich in allen Umfragen, dass die Interviewgruppe F (Nutzer) den mit Abstand höchsten Bildungsstand hat. Zwischen 44,44 % (2001) und 28,49 % (2007) der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) haben einen Abschluss als Diplomlandwirt (vgl. Abbildung 6.5 (F)), wenngleich ihr Anteil über den Zeitraum von 2001 bis 2007 kontinuierlich abgenommen hat ($r = -0,97$, $r^2 = 0,94$). Ausnahme bilden die Untersuchungsergebnisse von 2006.

Die Landwirte in Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) sowie die Landwirte in Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) zeichnen sich ebenfalls durch einen hohen Bildungsgrad aus. Der prozentuale Anteil der Landwirte in Gruppe E (beginnende Nutzer) mit einem Hochschulabschluss liegt im Mittel aller Untersuchungen bei 26 %. Die Gruppe D (potentielle Nutzer) hat mit einem durchschnittlichen Anteil von 27 % einen ähnlich hohen Bildungsgrad. In beiden Gruppen schwanken die Prozentzahlen deutlich zwischen den einzelnen Umfragejahren (vgl. Abbildung 6.5 (D) und (E)). Anteilig ist in beiden Interviewgruppen die Berufsgruppe des Landwirtschaftsmeisters am stärksten vertreten. Im Mittel aller Umfragen haben 38 % der Landwirte in Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) und 31 % der Landwirte in Interviewgruppe E (beginnenden Nutzer) einen Meisterabschluss. Diese Werte unterliegen ebenfalls deutlichen Schwankungen zwischen den einzelnen Untersuchungsterminen (vgl. Abbildung 6.5 (D) und (E)).

Die Landwirte der Interviewgruppe C (informierte Nichtnutzer) haben mehrheitlich ebenfalls einen Meisterabschluss. Der prozentuale Anteil schwankt in den einzelnen Umfragejahren zwischen 42,5 % (2001) und 26,6 % (2007). Als zweithäufigste Berufsgruppe sind die Diplomlandwirte vertreten, jedoch zu einem geringeren Prozentsatz als in den anderen Interviewgruppen. Der prozentuale Anteil an Diplomlandwirten in Interviewgruppe C (informierte Nichtnutzer) schwankt zwischen 23 % (2001) und 13,6 % (2007). Der Berufsabschluss des landwirtschaftlichen Gesellen liegt an dritter Stelle mit einem durchschnittlichen prozentualen Anteil von 17,2 % (vgl. Abbildung 6.5 (C)).

Landwirte, die als höchsten Ausbildungsabschluss eine landwirtschaftliche Ausbildung oder eine nicht landwirtschaftliche Ausbildung absolviert haben, sind in den meisten Interviewgruppen nur zu einem geringen Prozentsatz ver-

treten: in den Interviewgruppen C (informierte Nichtnutzer), D (potentielle Nutzer), E (beginnende Nutzer) und F (Nutzer) liegt der Anteil an diesen Berufsabschlüssen in allen Umfragen unter 14 %. Im Gegensatz dazu weisen die Landwirte in Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) einen deutlich niedrigeren Bildungsstand auf. So zeigt sich in allen Untersuchungen, dass kaum ein Landwirt aus Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) einen Diplomabschluss hat. Ihr Anteil liegt in allen Umfragen unter 6 %.

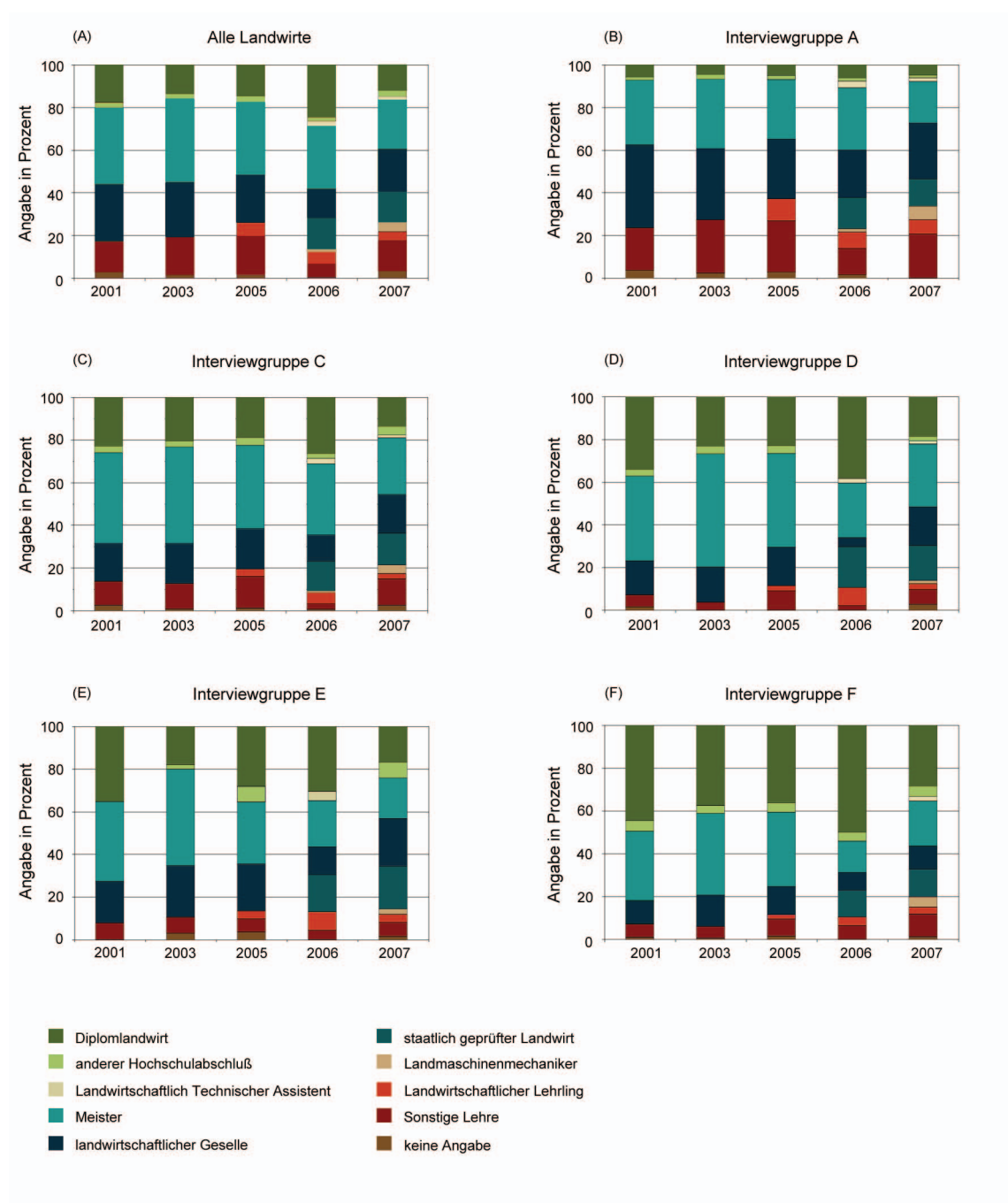


Abbildung 6.5: Prozentuale Anteile der Berufsgruppen an den verschiedenen Interviewgruppen, aufgeführt nach Umfragejahren

Die meisten Landwirte in Gruppe A (uninformierte Landwirte) - zwischen 38,9 % (2001) und 24,7 % (2007) - haben einen Gesellenabschluss. Am zweithäufigsten ist der Berufsabschluss des Meisters vertreten. Die prozentualen Anteile schwanken zwischen 30,2 % (2001) und 18,5 % (2007). Im Vergleich zu den anderen Interviewgruppen hat die Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) einen hohen Anteil an Landwirten mit einer nicht landwirtschaftlichen Ausbildung (vgl. 5.5 (B)). Im Mittel aller Untersuchungen liegt ihr Prozentsatz bei 20 %. Zwischen 10,38 % (2003) und 6,5 % (2007) der Landwirte in Interviewgruppe A (Uninformierte) haben als höchsten Bildungsabschluss eine landwirtschaftliche Ausbildung absolviert. Die nachgewiesene Zusammenhangsstärke zwischen den Untersuchungsvariablen *Interviewgruppe* und *Bildungsgrad* ist schwach bis mittelstark ausgeprägt (vgl. Tabelle 6.3).

Tabelle 6.3: Ergebnisse des χ^2 -Tests: Unterschiede im Bildungsgrad der Interviewgruppen

Jahr	χ^2 -Wert	Sig.	C _{corr}
2001	258,6	,000	,43
2003	351,98	,000	,40
2005	266,14	,000	,39
2006	77,359	,000	,41
2007	218,693	,000	,34

Weitere soziale Komponenten, welche die charakteristischen Eigenschaften einer Person bzw. Personengruppe bestimmen, sind deren Kommunikations- und Informationsverhalten. Diese Parameter wurden in den Umfragen anhand der Art und Anzahl der von den Landwirten verwendeten Informationsquellen untersucht. In allen Umfragen zeigt sich, dass die *landwirtschaftlichen Fachzeitschriften* mit Abstand die am häufigsten verwendete Informationsquelle ist (vgl. Abbildung 6.6). Unabhängig von der Interviewgruppe, haben mindestens 50 % der interviewten Landwirte sich anhand von Fachzeitschriften über Precision Farming informiert. Auf Rang zwei der Informationsquellen werden *die landwirtschaftlichen Messen* angeführt. Im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum informierten sich, unabhängig von der Interviewgruppe, 36,5 % der Landwirte auf den *Landwirtschaftsmessen* über Precision Farming.

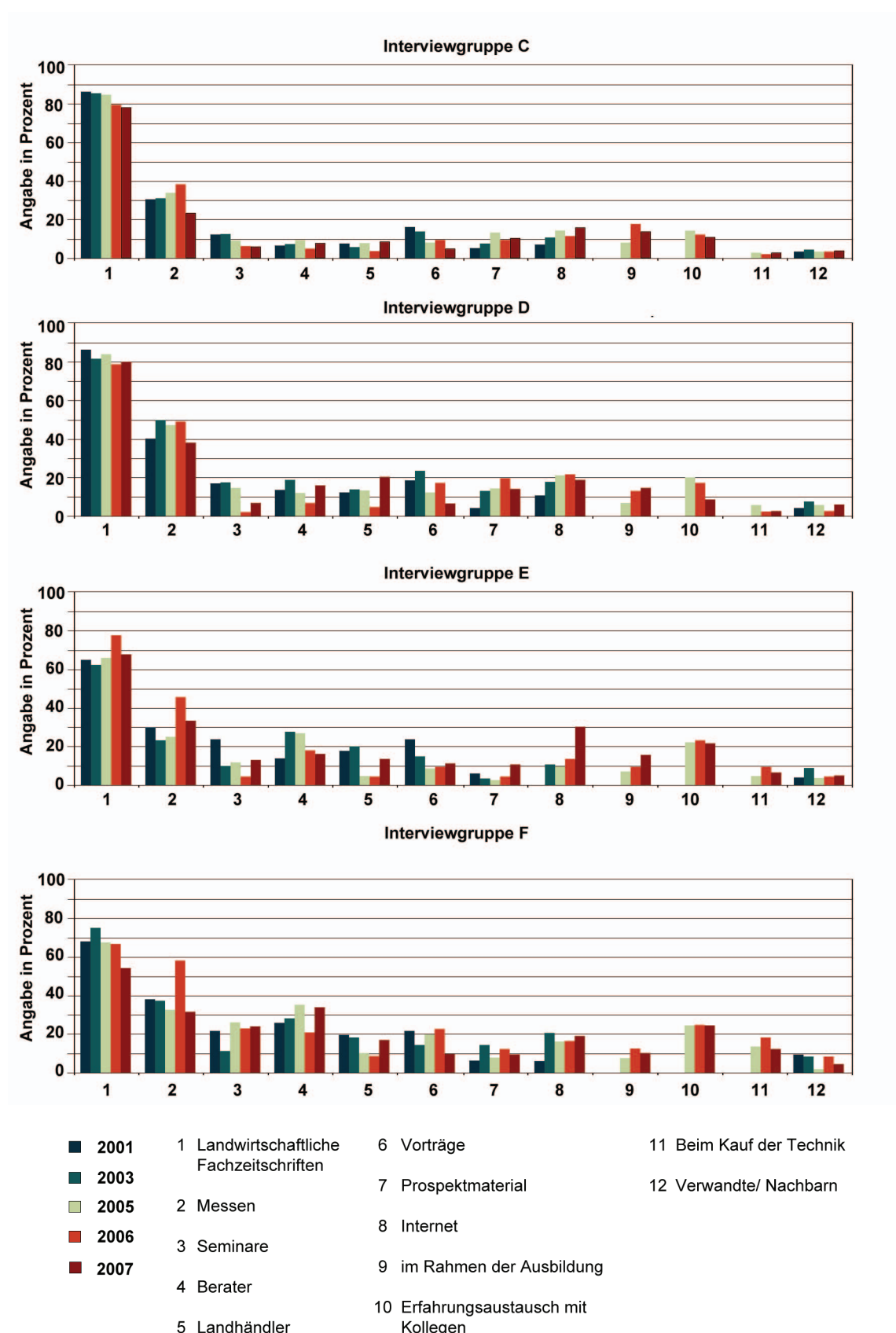


Abbildung 6.6: Informationsquellen zu Precision Farming

Bei den anderen Informationsquellen differieren die Untersuchungsergebnisse sowohl zwischen den Interviewgruppen als auch zwischen den verschiedenen Untersuchungsterminen. Ein Vergleich der Interviewgruppe F (Nutzer) mit den übrigen Interviewgruppen zeigt, dass die Landwirte der Gruppe F (Nutzer) häufiger als andere Gruppen verschiedene Informationsquellen verwenden, um sich über Precision Farming zu informieren (vgl. Abbildung 6.6). So liegt der Anteil der Landwirte, die sich bei landwirtschaftlichen Beratern über Precision Farming informieren, Seminare zu Precision Farming besuchen oder den Erfahrungsaustausch mit Kollegen zu Informationszwecken nutzen, in fast allen Umfragen über 20 %. Ein statistischer Zusammenhang zwischen den jeweiligen Interviewgruppen und der Anzahl der verwendeten Informationsquellen lässt sich jedoch nicht eindeutig nachweisen (vgl. Tabelle 6.4)

Tabelle 6.4: Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN zwischen den Interviewgruppen und der Anzahl der verwendeten Informationsquellen

Umfragejahr	Sig.	Korrelation nach Spearman
2001	,000	,152 **
2003	,000	,180**
2005	,000	,394**
2006	,000	,220**
2007	,000	,236**

** . Die Korrelation ist auf einem Niveau von 0,01 signifikant (zweiseitig)

Darüber hinaus wurde die Aufgeschlossenheit der interviewten Landwirte gegenüber neuen Technologien analysiert. In diesem Zusammenhang wurden die Landwirte gefragt, welche der folgenden Technologien sie bereits besitzen bzw. nutzen: Computer, Internet, Mobiltelefon, Digitalkamera, Palm oder USB-Stick/Memorycard (Umfrage 2001 beschränkt sich auf die ersten drei Antwortmöglichkeiten). Die Umfrageergebnisse zeigen, dass der Besitz bzw. die Nutzung von Computern, Internet und Mobiltelefon inzwischen zum Standard in der Landwirtschaft geworden ist (vgl. Abbildung 6.7). So geht aus der Auswertung hervor, dass, mit Ausnahme von 2001, in allen Interviewgruppen mindestens 90 % der Landwirte einen Computer respektive ein Mobiletelefon besitzen. Die

Nutzung des Internets hat sich mittlerweile ebenfalls als Standardtechnologie in der Landwirtschaft etablieren können. Der prozentuale Anteil der Landwirte die das Internet nutzen beträgt in allen Umfragen über 85 %. Ausnahme bildet die Gruppe A (uninformierte Landwirte), in der insbesondere zu Beginn der Langzeituntersuchung, im Vergleich zu den anderen Gruppen, nur wenige das Internet genutzt haben (2001: 59,2 %; 2003: 70,6 % (vgl. Abbildung 6.7). Technologien wie Palms, USB-Sticks und Memorycards gehören bisher noch nicht zu den Standardtechnologien in der Landwirtschaft. Der Prozentsatz an Landwirten, der diese Technologien nutzt und besitzt, variiert sowohl zwischen den Untersuchungsjahren als auch zwischen den Interviewgruppen. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich diese Innovationen innerhalb der Interviewgruppe F (Nutzer) bisher am weitesten verbreiten konnten. So hat die Zahl der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer), die einen Palm besitzen, im Zeitraum von 2003 bis 2007 von 29,2 % auf 46 % zugenommen. Gleichzeitig ist auch der Anteil der Landwirte, die einen USB Stick besitzen, kontinuierlich von 29,2 % auf 80,7 % angestiegen. In Interviewgruppe A (Uninformierte Landwirte) hingegen haben sich diese Technologien bis dato vergleichsweise langsam verbreiten können: der Anteil der Landwirte, die einen Palm besitzen, ist von 4,7 % (2003) auf 16,6 % (2007) gestiegen; der Anteil der Landwirte, die einen USB-Stick bzw. eine Memorycard besitzen, ist im gleichen Zeitraum deutlich stärker von 7,2 % (2003) auf 58,5 % (2007) angestiegen. Die Digitalkamera, die 2003 erst verhältnismäßig wenige Landwirte einsetzten, verzeichnet in allen Interviewgruppen über den gesamten Untersuchungszeitraum eine kontinuierliche Zunahme. 2007 lag der Anteil in allen Interviewgruppen über 70 % (vgl. Abbildung 6.7). Ein Vergleich der Interviewgruppen untereinander zeigt, dass die Landwirte in Gruppe F (Nutzer), E (beginnende Nutzer) und D (potentielle Nutzer) diese Technologie relativ schnell angenommen haben. Unter den Landwirten in Gruppe A (uninformierte Landwirte) hat sich diese Technologie hingegen verzögert verbreitet.

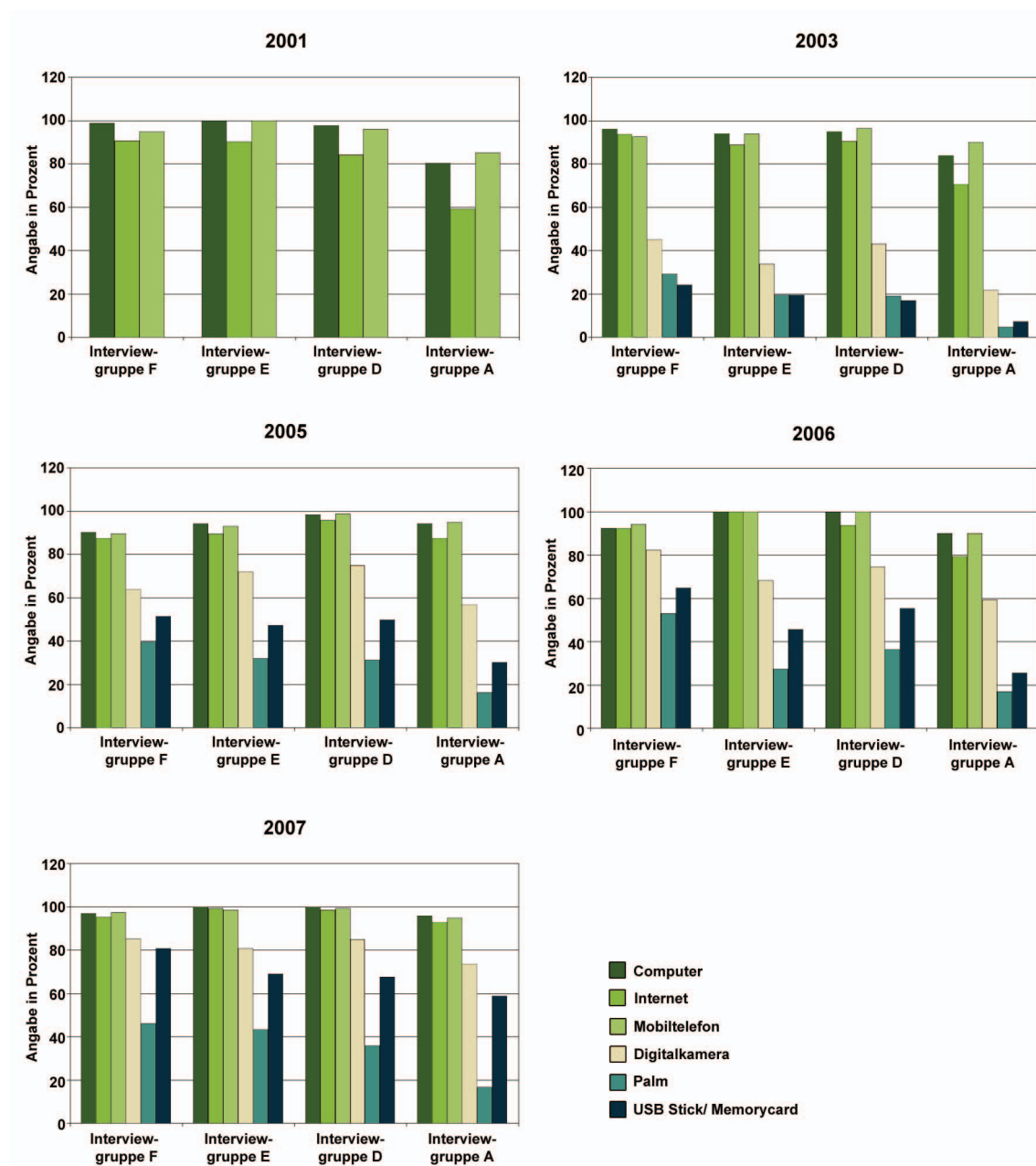


Abbildung 6.7: Verbreitung neuer Technologien bei den interviewten Landwirte

In den Untersuchungen 2006 und 2007 wurden die Landwirte gefragt, wozu sie den Computer und/oder Palm einsetzen. Die Ergebnisse sind in den Abbildung 6.7 und 6.9 dargestellt. Beide Untersuchungen bringen ähnliche Ergebnisse hervor. Unabhängig von der Interviewgruppe nutzt der Großteil der interviewten Landwirte seinen Computer zu Zwecken der Buchführung, der Verwaltung bzw. Dokumentation der Betriebsdaten und zur Dokumentation von Betriebsabläufen. Die Interviewgruppen unterscheiden sich jeweils in ihren prozentualen Anteilen voneinander.

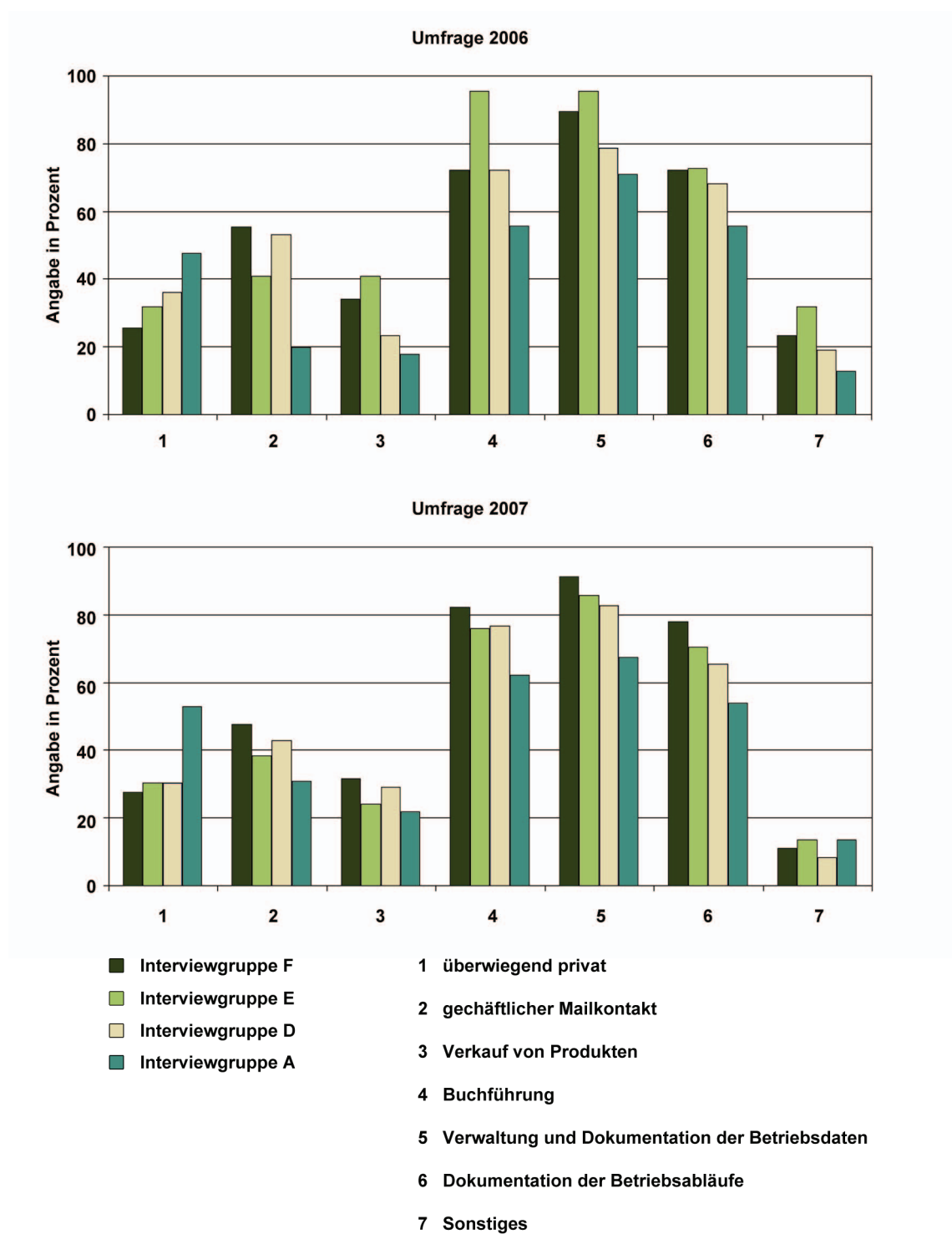


Abbildung 6.8: Einsatzbereiche des Computers

So liegt der prozentuale Anteil der Landwirte in den Interviewgruppen E (beginnende Nutzer) und F (Nutzer), die ihren Computer zu Zwecken der Buchführung, der Verwaltung bzw. Dokumentation von Betriebsdaten und zur Dokumentation von Betriebsabläufen nutzen, in beiden Umfragen über 70 %. Die Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) zeigt ähnliche Ergebnisse, wobei eine

Nutzung des Computers zur Dokumentation von Betriebsabläufen von weniger als 70 % der interviewten Landwirte angegeben wird (68 % (2006) bzw. 65 % (2007)) (vgl. Abbildung 6.8). Bei den Landwirten in Interviewgruppe A (Uninformierte) hingegen ist der Einsatz des Computers zu betrieblichen Zwecken im Vergleich zu den anderen Interviewgruppen weniger stark ausgeprägt. Zwischen 71 % (2006) und 67 % (2007) der Landwirte in dieser Gruppe nutzen ihren Computer zu Zwecken der Verwaltung und Dokumentation der Betriebsdaten. Ungefähr die Hälfte gab an, die Buchführung und Dokumentation von Betriebsabläufen mit dem Computer zu erledigen (vgl. Abbildung 6.8). Im Gegensatz zu den anderen Interviewgruppen setzen deutlich mehr Landwirte in Interviewgruppe A (in beiden Umfragen um die 50 %) den Computer überwiegend für private Zwecke ein (vgl. Abbildung 6.8).

Die Ergebnisse bei der Frage nach dem Zweck und Einsatzbereich der Palms variieren zwischen den Umfragejahren deutlich (vgl. Abbildung 6.9). Sowohl 2006 als auch 2007 hat der Großteil der interviewten Landwirte in den Interviewgruppen F (Nutzer), E (beginnende Nutzer) und D (potentielle Nutzer) angegeben, den Palm für die Dokumentation im Pflanzenbau einzusetzen. Als zweithäufigster Verwendungszweck wird der Palm zur Terminplanung benutzt. Der Einsatz des Palms für Dokumentationszwecke in der Tierproduktion ist insbesondere bei den Landwirten in Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) verbreitet (vgl. Abbildung 6.9). Hinsichtlich einer überwiegend privaten Nutzung der Palms zeigen sich ähnliche Akzeptanzmuster wie beim Computereinsatz: Gerade die Landwirte in Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) nutzen ihren Palm vornehmlich privat (32 % (2006), 29 % (2007)). In der Umfrage 2006 hat die Hälfte der Landwirte in Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) ebenfalls angegeben, ihren Palm größtenteils privat zu nutzen. Bei dem Ergebnis muss jedoch der geringe Stichprobenumfang dieser Gruppe berücksichtigt werden (n = 6).

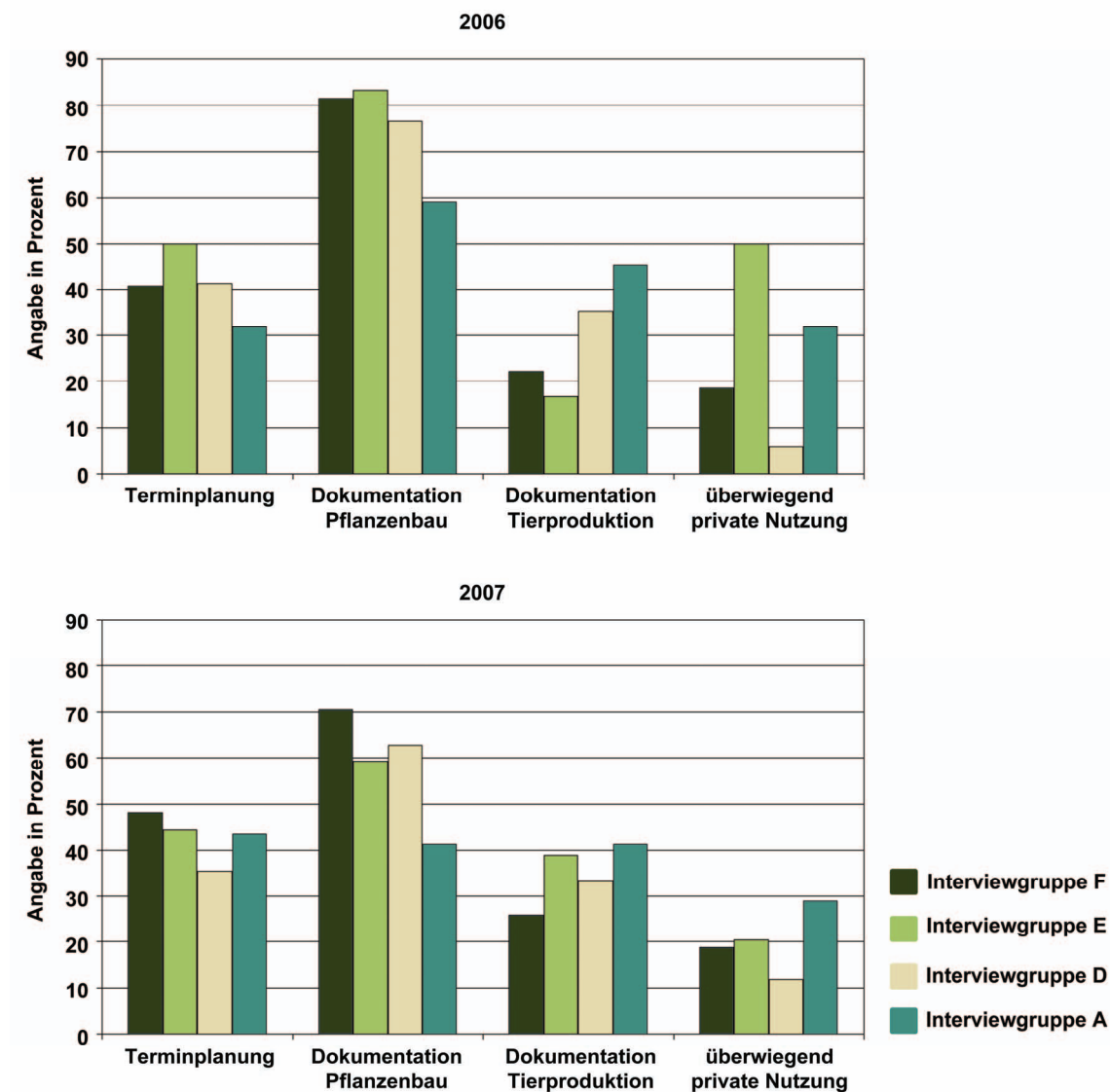


Abbildung 6.9: Einsatzbereiche des Palms

Als ein weiterer Adoptionsparameter wird im Folgenden die sozioökonomische Situation der Landwirte in den verschiedenen Interviewgruppen untersucht. Die Einschätzung erfolgt anhand unterschiedlicher betrieblicher Parameter. Ein entscheidender Faktor ist in diesem Zusammenhang die Betriebsgröße. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich die verschiedenen Interviewgruppen deutlich in ihren durchschnittlichen Betriebsgrößen voneinander unterscheiden. Dabei weist die Interviewgruppe F (Nutzer) in allen Untersuchungen eine, im Vergleich zu den anderen Gruppen, signifikant größere Betriebsfläche auf (vgl. Tabelle 6.5). In allen Untersuchungen liegt die durchschnittliche Betriebsgröße der Interviewgruppe F (Nutzer) über 800 ha (vgl. Abbildung 6.10). An zweiter Stelle liegt die Interviewgruppe E (beginnende Nutzer), gefolgt von der Inter-

viewgruppe D (potentielle Nutzer). Im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum weist die Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) eine durchschnittliche Betriebsgröße von 490 ha auf, allerdings variieren die Angaben zwischen den einzelnen Untersuchungszeitpunkten erheblich (vgl. Abbildung 6.10). Die Landwirte in Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) wirtschaften auf Betriebsgrößen zwischen 523 ha (2005) und 297 ha (2007). Im Vergleich dazu haben die Landwirte in den Interviewgruppen C (informierten Nichtnutzer) und A (uninformierte Landwirte) deutlich geringere Betriebsgrößen. Diese liegen im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum bei Werten von 200 ha (vgl. Abbildung 6.10).

Tabelle 6.5: Ergebnisse des Scheffé-Tests zur Feststellung signifikanter Differenzen in der Betriebsgröße zwischen den Interviewgruppen

	Unterschiede zwischen Interviewgruppen	Differenz der Betriebsgröße in ha
2001	F (Nutzer) A (Uninformierte Landwirte) *	1002.4
	B (Informierte Nichtnutzer) *	1016.9
	D (Potentielle Nutzer) *	840.8
	E (Beginnende Nutzer) *	547.3
2003	F (Nutzer) A (Uninformierte Landwirte) *	634.5
	B (Informierte Nichtnutzer) *	632.7
	D (Potentielle Nutzer) *	470.8
	E (Beginnende Nutzer) *	192.5
2005	F (Nutzer) A (Uninformierte Landwirte) *	680.9
	B (Informierte Nichtnutzer) *	717.6
	D (Potentielle Nutzer) *	391.0
	E (Beginnende Nutzer) *	489.0
2006	F (Nutzer) A (Uninformierte Landwirte) *	872.6
	B (Informierte Nichtnutzer) *	876.0
	D (Potentielle Nutzer) *	593.1
	E (Beginnende Nutzer)*	762.7
2007	F (Nutzer) A (Uninformierte Landwirte) *	695.21
	B (Informierte Nichtnutzer) *	760.74
	D (Potentielle Nutzer) *	620.32
	E (Beginnende Nutzer)*	418.53

* Das Signifikanzniveau liegt in allen Untersuchungen bei 0.05

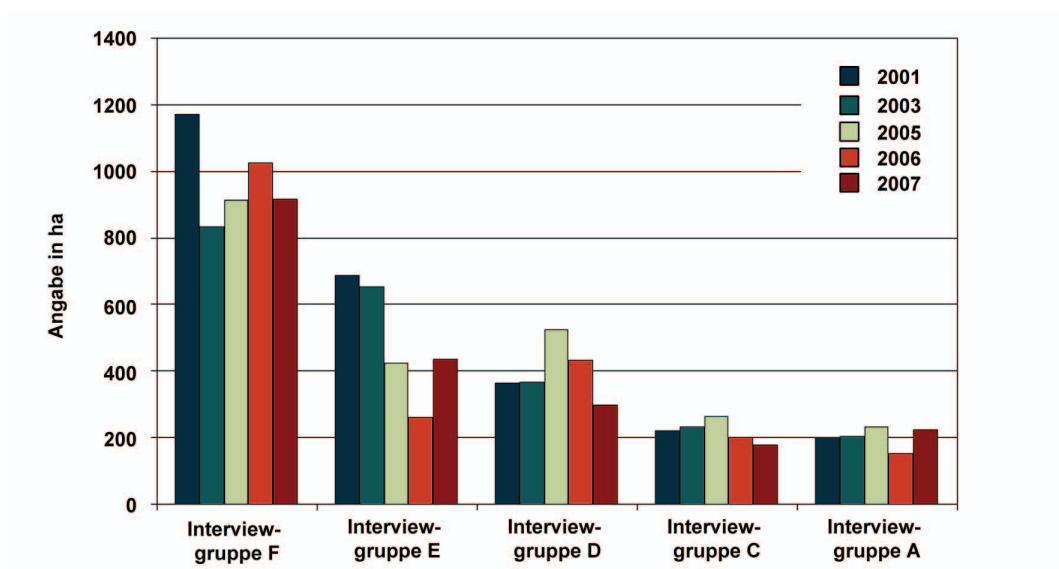


Abbildung 6.10: Durchschnittliche Betriebsgröße in den Interviewgruppen

Entsprechend der bestehenden Ungleichheiten bei den Betriebsgrößenstrukturen, unterscheiden sich die Interviewgruppen ebenfalls in ihren durchschnittlichen Schlaggrößen voneinander. Dabei weist die Interviewgruppe F (Nutzer) in allen Umfragen die höchste durchschnittliche Ackerschlaggröße auf. Insbesondere in den Umfragen 2006 und 2007 zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen der Interviewgruppe F (Nutzer) und den anderen Interviewgruppen (vgl. Abbildung 6.11). Im Mittel aller Umfragejahre haben die Landwirte in Gruppe F (Nutzer) eine durchschnittliche Schlaggröße von 21,9 ha. Die Interviewgruppen E (beginnende Nutzer) und D (potentielle Nutzer) weisen dagegen deutlich geringere Schlaggrößen auf (vgl. Abbildung 6.11). Im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum liegt die durchschnittliche Schlaggröße für beide Interviewgruppen bei 13 ha, jedoch variieren die Angaben zwischen den einzelnen Untersuchungszeitpunkten erheblich (vgl. Abbildung 6.11). In Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) schwanken die Größenangaben für die durchschnittliche Schlaggröße zwischen 6,65 ha (2006) als niedrigster Wert und 18,8 ha (2001) als höchster Wert. Bei der Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) liegen die Angaben zwischen 8 ha (2006) und 22 ha (2003) (vgl. Abbildung 6.11). Interviewgruppe C (informierte Nichtnutzer) weist in allen Untersuchungen die niedrigste durchschnittliche Schlaggröße auf. Im Mittel aller Untersuchungen liegt sie bei 7 ha. Mit Ausnahme der Untersuchung 2003, konnte nachgewiesen werden, dass sich die Interviewgruppen F (Nutzer) und C (Informierte Nichtnutzer) in ihren

durchschnittlichen Schlaggrößen signifikant von den anderen Gruppen abheben (vgl. Tabelle A.1 im Anhang).

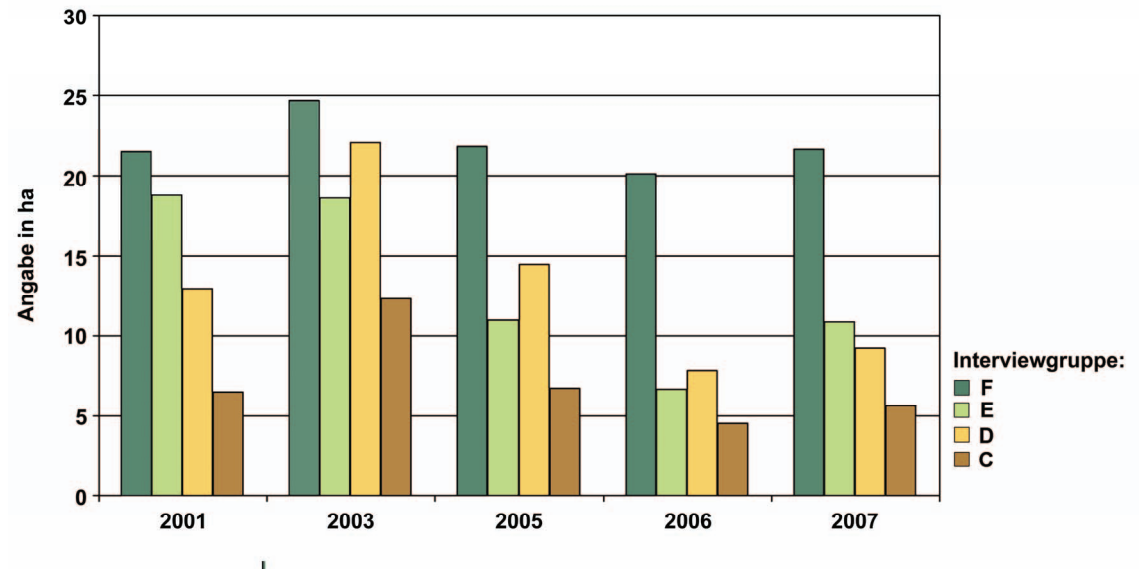


Abbildung 6.11: Durchschnittliche Schlaggröße der Interviewgruppen

Eine wichtige Voraussetzung für den zweckmäßigen Einsatz von Precision Farming ist die Heterogenität der Ackerflächen. Ein Maß für die Bestimmung der Heterogenität einer Fläche ist die Differenz zwischen seiner höchsten und niedrigsten Ackerzahl¹⁴. Je größer der Unterschied zwischen diesen Werten ist, desto heterogener ist die Fläche und umso sinnvoller erscheint ein Einsatz von Precision Farming. Entsprechend dieser Annahme müssten sich die Interviewgruppen in der Heterogenität ihrer Flächen unterscheiden. Die Mittelwerte in den verschiedenen Untersuchungsgruppen zeigen aber nur geringfügige Unterschiede. So weist Interviewgruppe C (informierte Nichtnutzer) die geringste Spanne zwischen höchster und niedrigster Ackerzahl und Interviewgruppe F (Nutzer) die höchste Spanne auf (vgl. Tabelle 6.6). Signifikante Unterschiede in der Ackerzahlspannen können zwischen den Interviewgruppen F (Nutzer) und C (informierte Nichtnutzer) nur für die Umfragen 2001, 2003 und 2007 nachgewiesen werden (vergleiche Tabelle A.2 im Anhang).

¹⁴ Ackerzahl kennzeichnet die Qualität einer Ackerfläche auf einer Skala von 7 (sehr schlecht) bis 100 (sehr gut).

Tabelle 6.6: Mittelwerte für die Spanne zwischen höchster und niedrigster Ackerzahl aufgelistet nach Untersuchungsgruppen und Umfragejahren

	2001	2003	2005	2006	2007
Interviewgruppe C	28,47	28,40	28,30	34,12	27,75
Interviewgruppe D	31,45	30,97	30,97	35,20	34,28
Interviewgruppe E	29,31	31,19	31,19	35,00	27,00
Interviewgruppe F	36,23	35,01	35,01	37,10	34,13

Ein weiterer Charakterisierungsparameter für einen landwirtschaftlichen Betrieb ist dessen Betriebsstruktur untergliedert nach Vollerwerbs-, Zuerwerbs- und Nebenerwerbsbetrieb. In der Regel sind größere Investitionsausgaben sowie die Umstellung der bisherigen Produktion auf neue Produktionstechnologien vor allen Dingen für Vollerwerbs- und Zuerwerbsbetriebe lohnend. Entsprechend der Untersuchungsannahme müssten sich die Interviewgruppen auch in ihren Betriebsstrukturen unterscheiden. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum die Vollerwerbslandwirtschaft die am weitesten verbreitete Betriebsform ist (vgl. Abbildung 6.12). Im Mittel aller Umfragen sind 77 % der interviewten Landwirte Vollerwerbslandwirte, 17 % sind Nebenerwerbslandwirte und nur 3 % sind Zuerwerbslandwirte. Der prozentuale Anteil der verschiedenen Erwerbsformen variiert in Abhängigkeit von der Interviewgruppe. So liegt in allen Umfragen der Anteil der Vollerwerbslandwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) über 90 %. Die Erwerbsform der Zuerwerbslandwirtschaft ist mit einem Prozentsatz von unter 2 % so gut wie gar nicht in der Interviewgruppe F (Nutzer) vertreten. Ebenfalls nur zu einem geringen prozentualen Anteil (in allen Umfragen unter 10 %) ist die Gruppe der Nebenerwerbslandwirte vertreten. Andererseits weist die Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) in allen Umfragejahren deutlich weniger Vollerwerbslandwirte (im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum 72 %) und deutlich mehr Nebenerwerbslandwirte (durchschnittlich 25 %) auf. Mit Ausnahmen von 2006 unterscheiden sich die Gruppen in ihrer Verteilung auf die unterschiedlichen Erwerbsformen signifikant voneinander. Die nachgewiesene Zusammenhangstärke zwischen den Variablen ist schwach ausgeprägt (vgl. Tabelle 6.7).

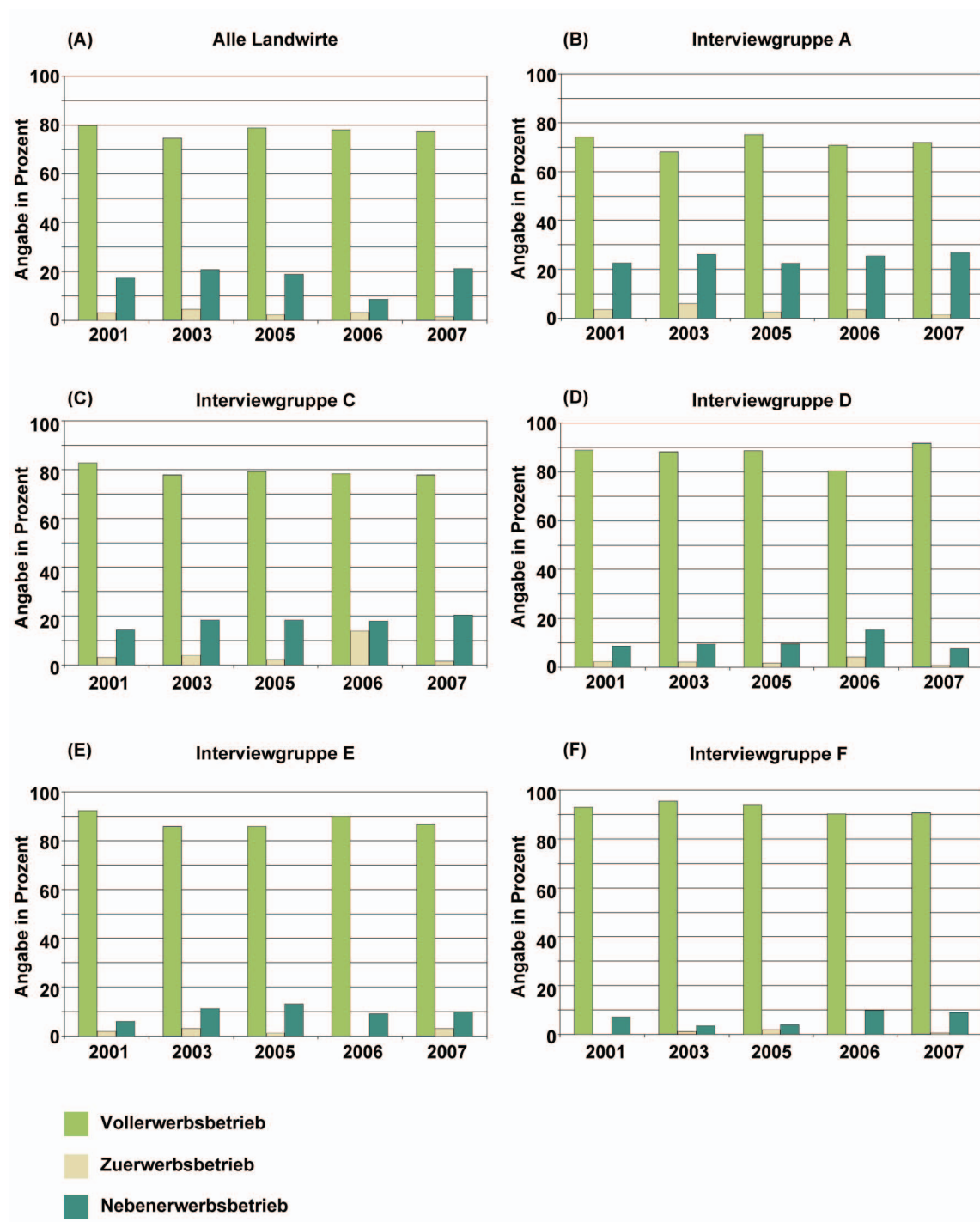


Abbildung 6.12: Prozentuale Verteilung der Interviewgruppen auf die unterschiedlichen Betriebsformen

Tabelle 6.7: Ergebnisse des χ^2 -Tests zwischen den Variablen Interviewgruppe und Erwerbsform

Jahr	χ^2-Wert	Sig.	C_{corr}
2001	38,308	,000	,18
2003	86,310	,000	,22
2005	43,518	,000	,17
2006	11,872	,157	,18
2007	64,850	,000	,20

Ein weiterer Faktor, der den Betrieb charakterisiert, ist die Ausrichtung auf einen Wirtschaftszweig: Pflanzen- oder Tierproduktion. Ein Betrieb, der sich auf Tierproduktion spezialisiert hat, betreibt zwar ebenfalls im Rahmen der Futtermittelproduktion Pflanzenbau, jedoch ist der Umfang deutlich geringer als bei einem rein auf Pflanzenbau ausgerichteten Betrieb. Entsprechend orientieren sich die Investitionsausgaben an der Ausrichtung des Betriebes. Abbildung 6.13 gibt den prozentualen Anteil der Pflanzenproduzenten an den Interviewgruppen wieder. Die Umfrageergebnisse zeigen, dass in allen Umfragen ein Großteil der interviewten Landwirte in erster Linie Pflanzenbau betreibt, ihr Anteil liegt zwischen 55 % und 60 %. In der Umfrage auf den DLG-Feldtagen (2006) lag der prozentuale Anteil der Pflanzenproduzenten an der gesamten Stichprobe sogar bei 78 %. Je nach Interviewgruppen schwankt der Anteil der Pflanzenproduzenten: den höchsten Anteil weist die Interviewgruppe F (Nutzer) mit einem Wert von über 70 % auf. Den geringsten Anteil hat die Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) mit einem Prozentwert von unter 60 %. Anders verhält es sich mit den Ergebnissen von 2006, bei denen 76,2 % der Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) Pflanzenproduktion betreiben. Mit Ausnahme der Untersuchung 2006, unterscheiden sich die Interviewgruppen signifikant in ihrer betrieblichen Ausrichtung. Die Stärke des statistischen Zusammenhangs zwischen den Untersuchungsvariablen *Gruppenzugehörigkeit* und *Wirtschaftszweig* ist aber nur gering ausgeprägt (vgl. Tabelle 6.8).

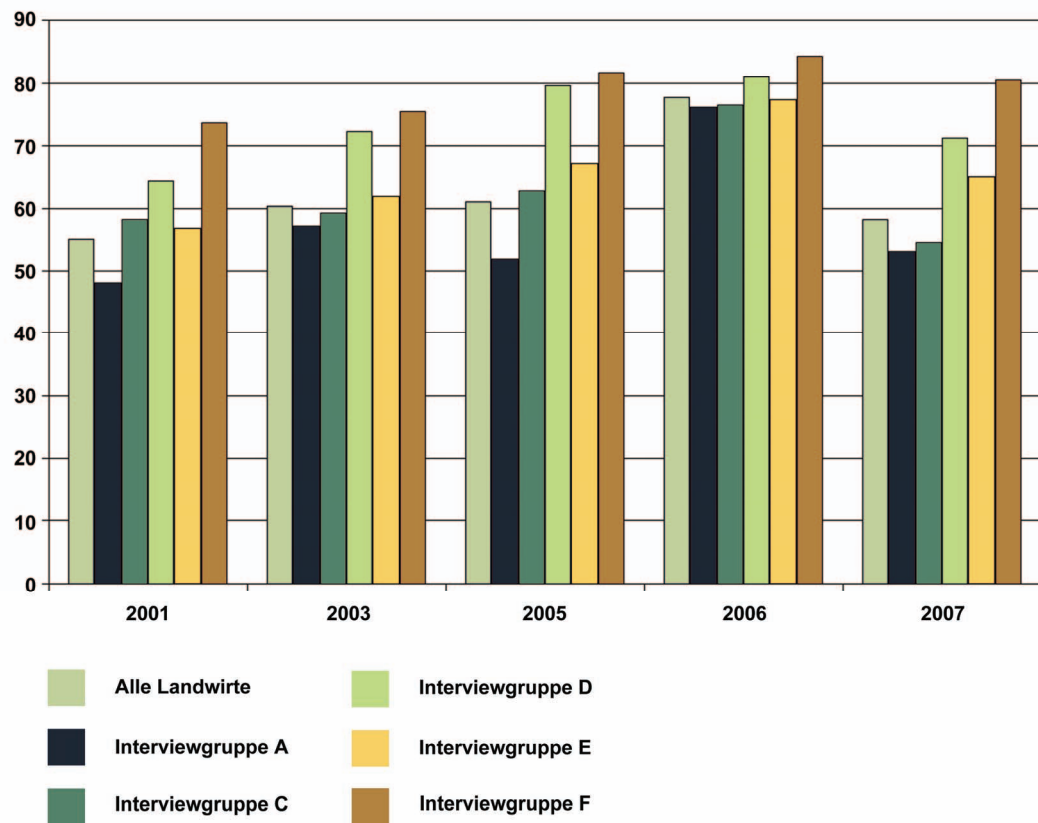


Abbildung 6.13: Prozentualer Anteil der reinen Pflanzenproduzenten pro Umfragejahr

Tabelle 6.8: Ergebnisse der χ^2 -Tests für die Untersuchungsvariablen Interviewgruppen und Wirtschaftszweig

Jahr	χ^2 -Wert	Sig.	C _{corr}
2001	33,944	,000	,18
2003	29,464	,000	,14
2005	84,061	,000	,25
2006	1,041	,747	,08
2007	65,73	,000	,21

Die Anschaffung von Precision Farming Technologien ist mit einem hohen Investitionsaufwand verbunden, der sich nur für einen Betrieb mit hohen Maschinenlaufzeiten rentiert. Da viele landwirtschaftliche Betriebe diese hohen Laufzeiten nicht erreichen und eine Anschaffung daher nicht rentabel ist, werden Lohnunternehmer oder Maschinenringe beauftragt, einzelne Arbeiten zu erledigen.

gen. Alternativ werden die fehlenden Maschinen bei einem Maschinenring ausgeliehen. Inwieweit und welche Art von Dienstleistungen die Landwirte in den verschiedenen Interviewgruppen nutzen, ist in Abbildung 6.14 und 6.15 dargestellt. Unabhängig von der Interviewgruppe zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass die meisten Landwirte die Dienste von Lohnunternehmern in Anspruch nehmen (vgl. Abbildung 6.14). In Interviewgruppe C (informierte Nichtnutzer) nutzen im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum 42 % der Landwirte das Dienstleistungsangebot der Lohnunternehmer. Dabei variieren die Ergebnisse aus den Einzeluntersuchungen in einem Bereich zwischen 32 % (2006) als niedrigstem Wert und 53 % (2007) als höchstem Wert. Eine ähnliche Verteilung zeigt sich bei der Interviewgruppe D (potentielle Nutzer): im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum lassen 41 % der Landwirte Arbeiten von Lohnunternehmern erledigen.

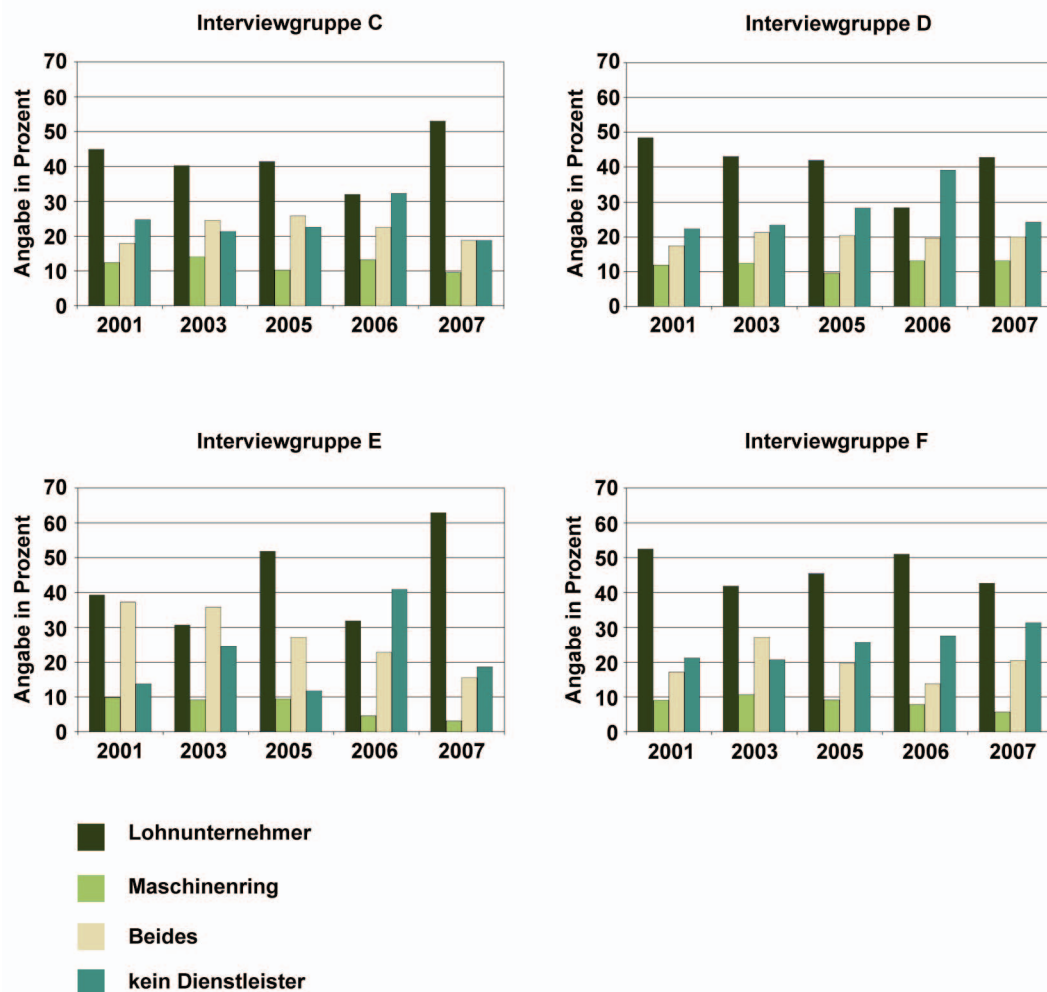


Abbildung 6.14: Prozentualer Anteil der von den Landwirten genutzten Dienstleistungen je Interviewgruppe

Die Ergebnisse aus den Einzeluntersuchungen schwanken dabei zwischen 48 % (2001) als Maximalwert und 28 % (2006) als Minimalwert. Am häufigsten nutzen die Landwirte in Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) die Dienste von Lohnunternehmern: ihr Anteil liegt zwischen 31 % (2003) und 63 % (2007). Bei der Interviewgruppe F (Nutzer) liegt der Anteil der Landwirte, die angegeben haben die Dienste von Lohnunternehmern zu nutzen, im Durchschnitt bei 46 % (vgl. Abbildung 6.14). Im Vergleich dazu wird das Angebot von Maschinenringen nur von wenigen Landwirten angenommen. In allen Interviewgruppen liegt der Anteil an Landwirten, die ausschließlich das Angebot von Maschinenringen nutzen, unter 12 %. Landwirte, die sowohl Dienste von Lohnunternehmern als auch von Maschinenringen in Anspruch nehmen, sind insbesondere in der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) vertreten. Im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum liegt ihr Anteil bei 28 %. Die Ergebnisse aus den Einzeluntersuchungen variieren zwischen 37 % (2001) als Maximalwert und 16 % (2007) als Minimalwert. In den anderen Interviewgruppen liegt der Anteil der Landwirte, die sowohl Dienste von Lohnunternehmern als auch von Maschinenringen nutzen, im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum bei 20 %. Ein Teil der Landwirte nutzt kein externes Dienstleistungsangebot (vgl. Abbildung 6.14). Ihr Anteil liegt in den Interviewgruppen C (informierte Nichtnutzer) und D (potentielle Nutzer) zwischen 20 % und 30 %. In der Interviewgruppe F (Nutzer) ist die Zahl der Landwirte, die keine externen Dienstleistungen nutzen, über den gesamten Untersuchungszeitraum von 21 % auf 31 % gestiegen. Die Angaben der Landwirte in Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) unterscheiden sich zwischen den einzelnen Untersuchungszeitpunkten erheblich: zwischen 11,8 % (als Minimalwert) und 40,9 % (als Maximalwert) der Landwirte in Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) haben angegeben, keine externen Dienstleistungen in Anspruch zu nehmen (vgl. Abbildung 6.14). Hinsichtlich der Nutzung bzw. Nichtnutzung des Dienstleistungsangebotes von Lohnunternehmern oder Maschinenringen lassen sich auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen. Die Interviewgruppen unterscheiden sich allerdings geringfügig voneinander durch die Arbeitsbereiche, in denen Lohnunternehmer oder Maschinenringe eingesetzt werden. Die Interviewgruppe F (Nutzer) nutzt fast als einzige Gruppe Dienstleistungen im Precision Farming Bereich. Der Prozentwert liegt allerdings

unter 10 % (vgl. Abbildung 6.15). Wie sich in den Untersuchungsergebnissen zeigt, verwenden die meisten Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) eher eigene Maschinen für den Precision Farming Einsatz, als sich welche zu leihen (vgl. Abbildung A.2 im Anhang).

Das Haupteinsatzgebiet für Dienstleistungen von Lohnunternehmern und Maschinenringen ist, unabhängig von der Interviewgruppe, die Erntearbeit. Über 80 % der Landwirte aller Interviewgruppen setzen Lohnunternehmer oder Maschinenringe für die Erledigung von Erntearbeiten ein. Der zweithäufigste Einsatzbereich ist die Aussaat mit einem durchschnittlichen Prozentanteil von 20 % an den verschiedenen Interviewgruppen. Weitere Bereiche sind Düngung und Pflanzenschutz. In beiden Bereichen nutzen überwiegend die Landwirte der Interviewgruppen F (Nutzer) und E (beginnende Nutzer) diese Dienstleistungsangebote (vgl. Abbildung 6.15).

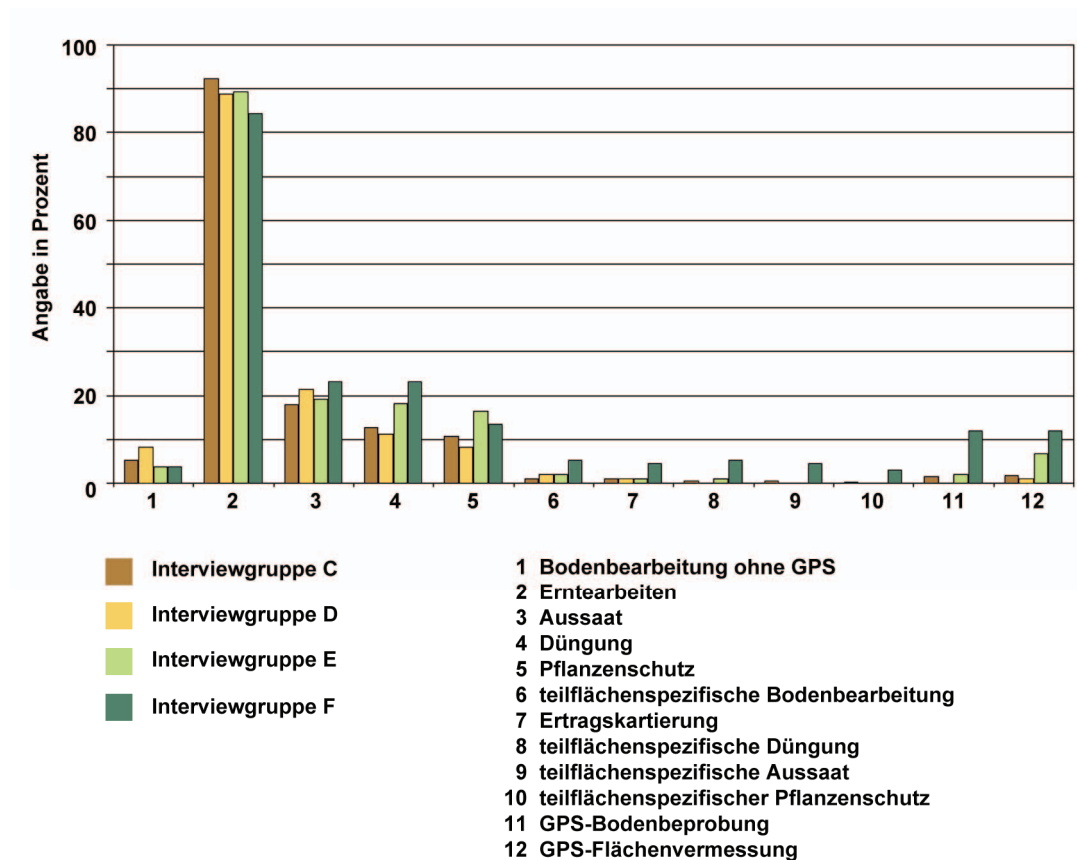


Abbildung 6.15: Einsatzbereiche von Lohnunternehmern oder Maschinenringen

Ein weiterer Faktor, der Einfluss auf die Investitions- und Innovationsbereitschaft der Landwirte nimmt, ist die Zukunftsperspektive eines landwirtschaftlichen Betriebs. In allen Erhebungen wurden daher die interviewten Landwirte

gefragt, wie sie ihre betriebliche Zukunft vor dem zum Zeitpunkt der Umfrage aktuellen agrarpolitischen Hintergrund beurteilen. In Abbildung 6.16 sind die Ergebnisse nach Interviewgruppen und Umfragejahr aufgeführt. Sie zeigen, dass mit Ausnahme der Untersuchung 2007, ein Großteil der interviewten Landwirte die eigene betriebliche Zukunft als *mittel* bewertet (vgl. Abbildung 6.16 (A)). Der Anteil der Landwirte, die ihre betriebliche Zukunft als *gut* bewerten, hat über den gesamten Untersuchungszeitraum zugenommen und lag in der Umfrage 2007 bei 50 %. Gleichzeitig hat der Anteil der Landwirte, die ihre betriebliche Situation als *schlecht* einstufen, über den gesamten Untersuchungszeitraum von 35 % (2003) auf 11 % (2007) abgenommen.

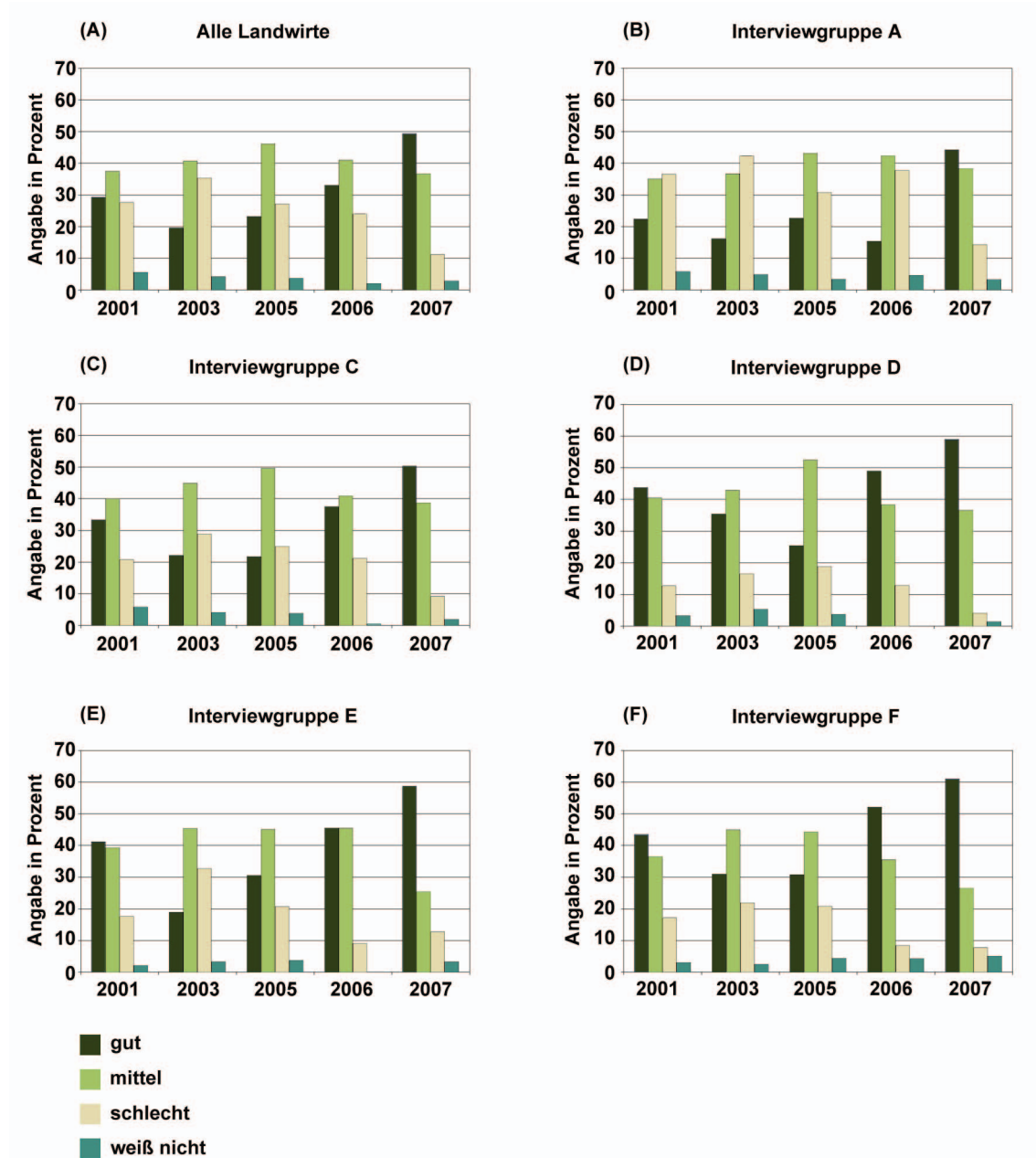


Abbildung 6.16: Einschätzungen der Landwirte zur eigenen betrieblichen Zukunft

Ein Vergleich der Interviewgruppen untereinander zeigt, dass Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte), im Vergleich zu den anderen Interviewgruppen, ihre eigene betriebliche Zukunft häufiger *schlecht* bewertet. Mit Ausnahme der Ergebnisse von 2007, in denen nur 14,3 % der Landwirte in Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) ihre betriebliche Zukunft negativ bewertet haben, liegt der Anteil in den anderen Umfragen bei durchschnittlich 37 %. Zwischen 35 % (2001) und 43 % (2005) der Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) stufen die eigene betriebliche Zukunft als *mittel* ein (vgl. Abbildung 6.16 (B)). Im Schnitt über den gesamten Untersuchungszeitraum haben nur 19 % der Landwirte in Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) ihre betriebliche Zukunft positiv eingestuft. Lediglich bei der Untersuchung 2007 haben 44 % ihre betriebliche Zukunft mit *gut* bewertet.

In den anderen Interviewgruppen hat dagegen der Großteil der befragten Landwirte die eigene betriebliche Zukunft als *mittel* bis *gut* eingestuft. Die Interviewgruppen C (informierte Nichtnutzer), D (potentielle Nutzer), E (beginnende Nutzer) und F (Nutzer) zeigen über den gesamten Untersuchungszeitraum ähnliche Ergebnisse. Während zu Beginn der Untersuchungen in 2001 und 2003 die Zukunftsaussichten von den meisten Landwirten in den verschiedenen Interviewgruppen nur mit *mittel* eingestuft wurden, steigt ab 2005 der Anteil an Landwirten, die ihre betriebliche Zukunft mit *gut* bewerten. In der Umfrage 2007 sieht die Mehrheit der interviewten Landwirte in den verschiedenen Befragungsgruppen die eigene betriebliche Zukunft positiv (vgl. Abbildung 6.16 A bis F). Vor allem bei den Interviewgruppen D (potentielle Nutzer), E (beginnende Nutzer) und F (Nutzer) liegt der Anteil der Landwirte, die ihre betriebliche Zukunft mit *gut* bewerten, in etwa bei 60 %.

Die Ergebnisse des Chi-Quadrat-Test belegen, dass bei der Bewertung der eigenen betrieblichen Zukunft signifikante Unterschiede zwischen den Interviewgruppen bestehen, wobei der Kontingenzkoeffizient nur auf einen niedrigen Zusammenhang zwischen der Gruppenzugehörigkeit und der Bewertung der eigenen betrieblichen Zukunft hindeutet (vgl. Tabelle 6.9).

Tabelle 6.9: Ergebnisse des χ^2 -Tests für die Untersuchungsvariablen Interviewgruppe und Einschätzung der eigenen betrieblichen Zukunft

Jahr	χ^2 -Wert	Sig.	C _{corr}
2001	76,753	,000	,25
2003	88,745	,000	,22
2005	24,095	,020	,13
2006	52,233	,000	,36
2007	47,438	,000	,17

In der Landwirtschaft lässt sich aufgrund des zunehmenden Wettbewerbs am Agrarmarkt ein Trend hin zu größeren Betrieben nachweisen. Gleichzeitig sind immer häufiger kleinere Betriebe nicht mehr zukunftsfähig. Aufgrund der geringen Rentabilität sind sie gezwungen, die Bewirtschaftung ihrer Flächen einzustellen. Dementsprechend ist zu erwarten, dass ein Zusammenhang zwischen der Betriebsgröße und der Einschätzung der eigenen betrieblichen Zukunft besteht. Wie die Ergebnisse in Tabelle 6.10 verdeutlichen, kann jedoch anhand der Untersuchungsergebnisse nur ein geringer statistischer Zusammenhang nachgewiesen werden.

Tabelle 6.10: Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN zwischen den Variablen Betriebsgröße und Zukunftsfähigkeit

Jahr	r _s
2001	,337**
2003	,260**
2005	,236**
2006	,309**
2007	,284**

Das Signifikanzniveau liegt für alle Untersuchungen bei 0,01%

6.1.2 Eigenschaften der Interviewten Landwirte (Ergebnisse Experteninterviews)

Im Folgenden werden zunächst die charakteristischen Eigenschaften der in den Expertengesprächen interviewten Landwirte dargestellt. Insgesamt wurden 29 Landwirte, die bereits verschiedene Precision Farming Technologien in ihren Betrieben einsetzen, interviewt. Abbildung 6.17 gibt einen Überblick zur räumlichen Verteilung der Interviewteilnehmer. Der Großteil stammt aus den neuen Bundesländern: Sachsen-Anhalt (8), Sachsen (3), Thüringen (1), Mecklenburg-Vorpommern (4) und Brandenburg (1). Die interviewten Landwirte aus den alten Bundesländern stammen aus Nordrhein-Westfalen (1) und Niedersachsen (11). In ihren soziodemographischen Eigenschaften stimmen die Experten weitestgehend mit denen der Interviewgruppe F (Nutzer) überein. Ein Großteil der befragten Experten ist in der Altersklasse zwischen 36 und 50, am zweithäufigsten ist die Altersklasse zwischen 20 und 35 vertreten (9 der interviewten Experten), 5 der interviewten Experten sind über 50, die Altersklasse unter 20 ist in der Gruppe der Experten nicht vertreten (vgl. Tabelle 6.11)

Tabelle 6.11: Alter der interviewten Experten

Altersklasse	Anzahl
Keine Angabe	3
< 20	0
20 – 35	9
36 – 50	12
> 50	5

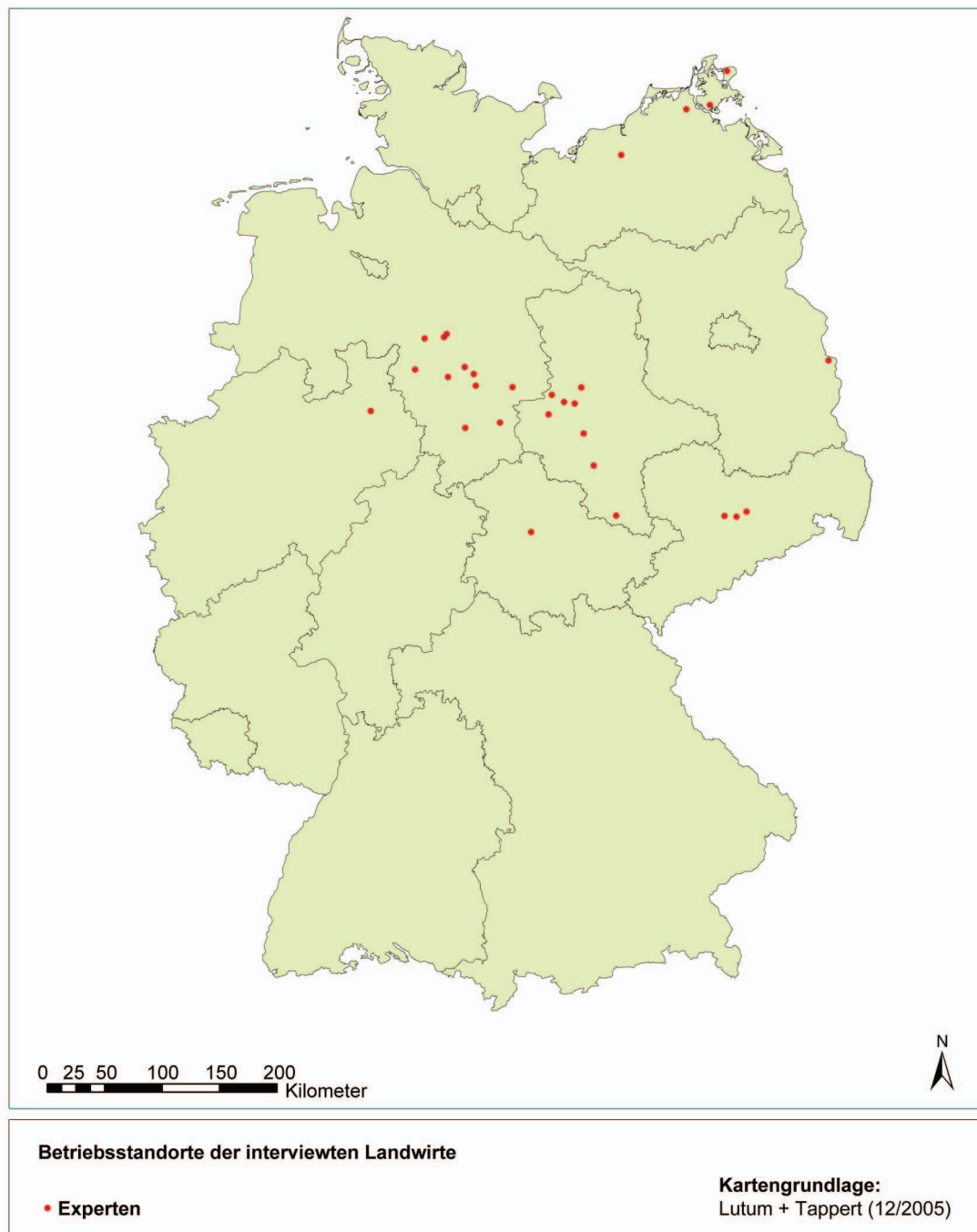


Abbildung 6.17: Räumliche Verteilung der interviewten Experten

Die in den Experteninterviews befragten Landwirte zeichnen sich in der Mehrzahl durch einen hohen Bildungsgrad aus. Der Großteil der Landwirte hat einen Hochschulabschluss: vierzehn Landwirte haben einen Abschluss als Diplom-Landwirt, einer hat einen nicht landwirtschaftlichen Hochschulabschluss und ein Experte ist promovierter Landwirt. Bei fünf der interviewten Landwirte liegt ein Meisterabschluss vor, drei Landwirte haben einen Gesellenabschluss und fünf

der interviewten Experten haben keine Angaben zu ihrer Berufsausbildung gemacht (vgl. Tabelle 6.12).

Tabelle 6.12: Bildungsgrad der interviewten Experten

Ausbildung	Anzahl
Keine Angabe	5
Geselle	3
Meister	5
Sonstiger Hochschulabschluss	1
Diplom Landwirt Uni/FH	15

Im Hinblick auf das Kommunikations- und Informationsverhalten ähneln die Ergebnisse aus den Expertengesprächen denen der quantitativen Messeinterviews. Der Großteil der Experten verfügt über ein weit verzweigtes Kommunikations- und Informationsnetzwerk. Die meisten Experten haben sich direkt bei den Firmen über Precision Farming informiert (12 von 29 Experten). Hierfür besuchten sie die von den Firmen veranstalteten Seminare, Schulungen und Informationsveranstaltungen. Bei fünf der interviewten Betriebe besteht eine sehr enge Zusammenarbeit mit den Herstellerfirmen, da die Betriebe ihre Flächen bzw. einen Teil ihrer Flächen als Versuchsflächen zur Verfügung gestellt haben. Im Gegenzug profitieren die Betriebe von einem sehr guten Beratungsservice durch die Firmen. Darüber hinaus haben sich die interviewten Experten anhand von Fachzeitschriften oder auf Messen über Precision Farming informiert. Im Vergleich zu den Ergebnissen der quantitativen Untersuchungen nutzten aber deutlich weniger Experten diese Informationsquellen: 5 von 29 Experten haben sich in Fachzeitschriften über Precision Farming informiert, 4 von 29 Experten haben sich auf Messen informiert. Als weitere Informationsquelle gaben 5 von 29 Experten den Austausch mit Kollegen an. Dabei haben sie weniger den Kontakt zu den unmittelbaren Nachbarn gesucht, vielmehr waren es bevorzugt Kollegen aus anderen Regionen, um so einer Konkurrenz mit der unmittelbaren Nachbarschaft aus dem Weg zu gehen:

„[...] da tauscht man sich offener aus und redet über Sachen, die man zu Hause nicht bereden würde, weil immer das Konkurrenzdenken da ist. Das ist ja immer [...] also mit den Nachbarn sowieso, die

beneiden einen und umgekehrt und meinen: Nee, die wollen einem was wegnehmen oder sonst irgendwas. Und das ist immer schwierig. Also wenn das ein bisschen weiter weg ist und keine Konkurrenz mehr ist, dann wird das auch einfacher [...]“ (Landwirt 8 aus Niedersachsen)

Als weitere Informationsquelle haben zwei der interviewten Landwirte den direkten Kontakt zu Universitäten und Forschungseinrichtungen genutzt, um sich über Precision Farming zu informieren. Bei beiden Betrieben besteht zudem im Rahmen von Forschungsprojekten eine enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Universitäten und Forschungseinrichtungen, entsprechend gut sind die Landwirte über den aktuellen Stand der Forschung informiert.

Darüber hinaus zeichnet sich der Großteil der interviewten Experten durch eine hohe Innovationsbereitschaft und Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien aus. Insbesondere der Teil der interviewten Landwirte, die schon vor 2000 Precision Farming Technologien auf ihren Flächen eingesetzt haben, zeigt eine sehr hohe Innovationsbereitschaft. So übernehmen viele der interviewten Landwirte eine Vorreiterrolle bei der Verbreitung von Precision Farming in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland. Viele haben schon früh nach Möglichkeiten gesucht, Kosten einzusparen und die Ertragsunterschiede auf den eigenen Ackerschlägen auszugleichen (6 von 29 Experten):

„ [...] Der ausschlaggebende Faktor sind eigentlich die heterogenen Böden. Dass wir endlich davon wegkommen mussten, von dieser einheitlichen Grunddüngung. Dass wir eigentlich dahin wollen, das ist ja das Ziel, die Pflanzen optimal zu versorgen und den Sandboden einer gewissen Teilschlagdüngung auszusetzen. Also daran gearbeitet, haben wir schon lange. Bloß gab es bisher da bei uns keine Möglichkeit [...] Seit 90, 91 haben wir intensive oder hatten Kontakte mit den USA [...] Dann sind wir in die USA gefahren, zwischen Weihnachten und Neujahr 92 und haben dann ein System aus den USA gekauft [...]“ (Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern)

„[...] Man merkt doch ganz genau, welche Betriebe vor 1990 gewirtschaftet haben und wie gewirtschaftet wurde [...] da gibt es 20 ha Blöcke Ackerland, das merkt man heute noch in der Nachfolge, wie

ich sag mal die Bearbeitung, die Düngung vor 10, 15 Jahren war. Das kriegt man ganz genau raus [...] Ich denke mal, der ausschlaggebende Punkt war auch mit die ganzen Seminare, die so gelaufen sind und jeder hat sich da so ein bisschen damit beschäftigt und jeder möchte auch einen Fortschritt haben. Es gab ja damals, was weiß ich so 2000, 98 bis 2000 kam ja das so langsam auf. Na ja, also wir müssen weiter fortschrittlicher werden und so. Und da haben wir uns immer dran beteiligt [...]“ (Landwirt 5 aus Sachsen-Anhalt)

Hinsichtlich der betrieblichen Parameter ähneln die Ergebnisse der Expertengespräche denen der quantitativen Untersuchungen. Der Großteil der interviewten Landwirte (26 von 29 Experten) betreibt reinen Marktfruchtanbau, nur drei der interviewten Experten betreiben zusätzlich Tierproduktion. Der Schwerpunkt in der Pflanzenproduktion liegt beim Getreideanbau, wobei der Großteil der interviewten Landwirte (22 von 29 Experten) hauptsächlich Winterweizen auf seinen Flächen anbaut. Als weitere Getreidearten werden Gerste (20 von 29 Landwirten), Roggen (6 von 29) und Triticale (2 von 29 Experten) angepflanzt. Fernerhin kultivieren die meisten Landwirte auf einem Teil ihrer Flächen Zuckerrüben (20 von 29 Experten) und Raps (23 von 29 Experten). Zwei der interviewten Landwirte haben ihren Schwerpunkt beim Anbau von Silomais. Auf vier Betrieben werden zusätzlich Kartoffeln angebaut, wobei sich zwei der Betriebe auf Kartoffelanbau spezialisiert haben. Auf drei Betrieben werden darüber hinaus auch Erbsen angebaut.

Die Betriebe der interviewten Landwirte unterscheiden sich deutlich in ihren Größenstrukturen voneinander. Die angegebenen Betriebsgrößen variieren zwischen 100 ha und Betriebsflächen von 3800 ha. Dabei bewirtschaftet die Hälfte der befragten Landwirte (14 von 29 Experten) sehr große Betriebe mit Flächen von über 1000 ha, sieben der befragten Landwirte bewirtschaften mittlere Betriebsgrößen zwischen 300 ha und 1000 ha, die restlichen Landwirte (8 von 29 Experten) haben kleine Betriebe in einer Größenordnung von unter 300 ha (vgl. Abbildung 6.18). Entsprechend der Unterschiede in der Agrarstruktur zwischen den alten und den neuen Bundesländern, konzentrieren sich die kleineren Betriebe bis 300 ha ausschließlich auf das Gebiet der alten Bundesländer. Die größeren Betriebe liegen dagegen überwiegend in den neuen Bundes-

ländern (vgl. Abbildung 6.17). Eine ähnliche Verteilung zeigt sich bei der durchschnittlichen Schlaggröße der Betriebe: mit zunehmender Betriebsgröße steigt häufig auch die durchschnittliche Schlaggröße an (vgl. Tabelle 6.13). Die meisten der interviewten Landwirte (11) wirtschaften auf kleineren Flächen mit einer Durchschnittsgröße von bis zu 10 ha. Fünf der interviewten Landwirte wirtschaften auf mittelgroßen Ackerschlägen mit einer durchschnittlichen Schlaggröße zwischen 10 ha und 30 ha, sechs wirtschaften auf großen Ackerschlägen zwischen 30 ha und 50 ha und zwei wirtschaften auf sehr großen Ackerschlägen mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von über 50 ha.

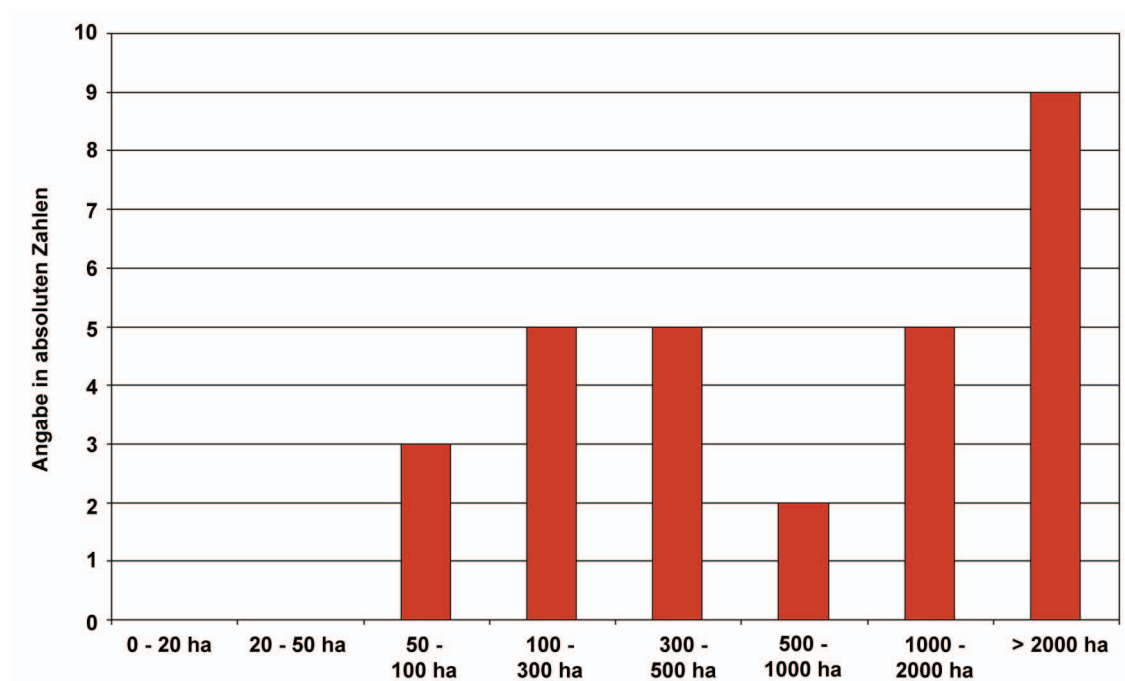


Abbildung 6.18: Betriebsgrößen der interviewten Experten, Angabe in Größenklassen

Tabelle 6.13: Durchschnittliche Schlaggröße der Betriebe aufgelistet nach Größenklassen

Schlaggröße	Anzahl
0 – 10 ha	11
> 10 – 20 ha	3
> 20 – 30 ha	2
> 30 – 50 ha	6
> 50 ha	2
Keine Angabe	5

Darüber hinaus sind die interviewten Experten nach der Heterogenität ihrer Ackerschläge (Spanne zwischen höchster und niedrigster Ackerzahl) gefragt worden. Bei einem Großteil weisen die Ackerschläge deutliche Heterogenitäten in den Flächenstrukturen auf. Nur bei drei der befragten Betriebe liegt die Spanne zwischen höchster und niedrigster Ackerzahl bei maximal 10 Bodenpunkten Unterschied (vgl. Tabelle 6.14). Bei sechs der interviewten Betriebe beträgt dieser Unterschied sogar über 50 Bodenpunkte und deutet so auf eine sehr starke Heterogenität der Böden hin. Zehn der interviewten Experten haben keine genauen Angaben zu ihren Ackerzahlen gemacht.

Tabelle 6.14: Heterogenität der Betriebsflächen, Spanne zwischen höchster und niedrigster Ackerzahl

Ackerzahlspanne	Anzahl
0 – 10	3
> 10 - 20	5
> 20 - 50	6
> 50 - 100	6
keine Angabe	10

6.1.3 Akzeptanzmuster für die Anwendung und Verbreitung von Precision Farming Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland

Hinsichtlich der vorliegenden Akzeptanzmuster zeigen die Ergebnisse der quantitativen sowie der qualitativen Untersuchungen, dass ein Großteil der interviewten Landwirte bisher überwiegend Methoden der Datenerfassung nutzt (vgl. Abbildung 6.19 und 6.20). Dabei werden vorwiegend die Methoden der GPS-Flächenvermessung (in allen Messeumfragen über 50 %), der GPS-Bodenbeprobung (in allen Messeumfragen über 40 %) und der GPS-Ertragskartierung (in allen Umfragen über 40 %) genutzt. Der EM 38, der ebenfalls zu den Daten erfassenden Methoden zählt, wird hingegen erst von sehr wenigen Landwirten eingesetzt (vgl. Abbildung 6.19).

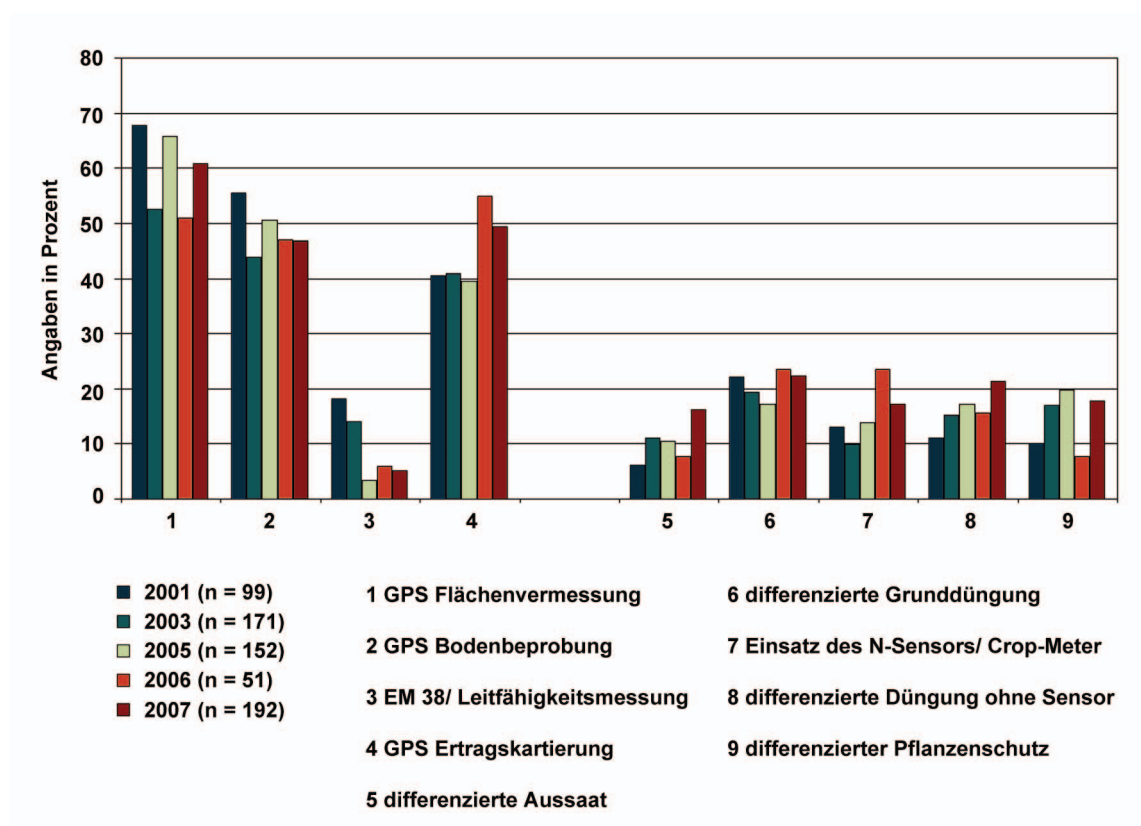


Abbildung 6.19: Prozentuale Verteilung, der durch die Interviewgruppe F (Nutzer) genutzten Precision Farming Methoden

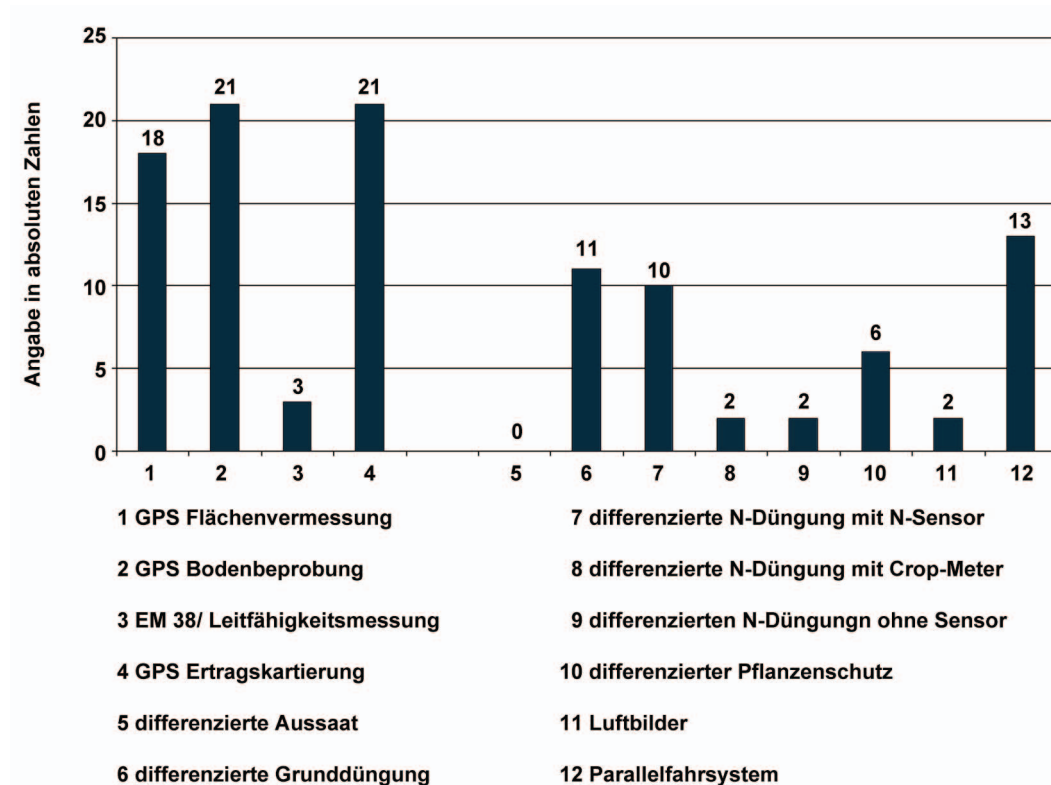


Abbildung 6.20: Prozentuale Verteilung, der durch die Experten genutzten Precision Farming Methoden

Die Expertengespräche zeigen vergleichbare Ergebnisse: die GPS-Flächenvermessung (18 von 29 Experten), die GPS-Bodenbeprobung (21 von 29 Experten) und die GPS-Ertragskartierung (21 von 29 Experten) werden von der Mehrheit der Experten verwendet, nur wenige (3 von 29 Experten) bevorzugen den Einsatz des EM 38.

Der prozentuale Anteil der Landwirte (in den quantitativen Untersuchungen), die VR Technologien in ihren Betrieben verwenden, liegt in allen Umfragen unter 25 % (vgl. Abbildung 6.19). Die Untersuchungsergebnisse unterliegen deutlichen Schwankungen im Vergleich der einzelnen Umfragejahre, so dass sich keine einheitliche Trendentwicklung aus den Daten ableiten lässt. Von den VR Technologien wird die differenzierte Grunddüngung am häufigsten von den interviewten Landwirten eingesetzt, ihr prozentualer Anteil liegt zwischen 17 % und 23,5 %. Weitere VR Technologien, die von den Landwirten in den quantitativen Untersuchungen eingesetzt werden, sind die variable Ausbringung von Stickstoff mit und ohne Sensor sowie die variable Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln. Im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum liegt ihr Anteil bei 15 %. Die variable Ausbringung von Saatgut wird hingegen erst von wenigen Landwirten in den quantitativen Umfragen in Anspruch genommen: im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum liegt der prozentuale Anteil hier bei 10 %.

Die Expertengespräche kommen zu vergleichbaren Ergebnissen: 11 von 29 interviewten Experten gaben an, die differenzierte Grunddüngung in ihren Betrieben einzusetzen. Ferner wird von einem Großteil der Experten die sensorbasierte Stickstoffdüngung genutzt: 10 von 29 Experten setzen den N-Sensor, 2 von 29 Experten das Crop-Meter ein. Weitere VR Technologien, die von den interviewten Experten verwendet werden, sind die variable Stickstoffdüngung anhand von Applikationskarten (2 von 29 Experten) und die variable Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (6 von 29 Experten). Dagegen wird die variable Ausbringung von Saatgut von keinem der Experten angewendet (vgl. Abbildung 6.20).

Die Verbreitung von Parallelfahrssystemen und automatischen Lenksystemen wird gesondert von den anderen Precision Farming Methoden untersucht. Beide Systeme basieren zwar auf GPS, jedoch werden sie ausschließlich einge-

setzt, um die Fahrspur zu halten und nicht im Sinne einer teilflächenspezifischen Datenerfassung und Bewirtschaftung. Zudem kamen diese Technologien deutlich später als die anderen Precision Farming Methoden auf den Markt. Automatische Lenksysteme waren erst ab 2000 kommerziell verfügbar und konnten daher in den Untersuchungen 2001 und 2003 noch nicht berücksichtigt werden. Tendenziell hat der Anteil an Landwirten, die Parallelfahrssysteme oder automatische Lenksysteme verwenden, im Zeitraum zwischen 2005 und 2007 in allen Interviewgruppen zugenommen. Am weitesten sind diese Systeme bei den Landwirten in Interviewgruppe F (Nutzer) verbreitet (2005: 26%, 2006: 43%, 2007: 39%). Der Anteil der Landwirte in Interviewgruppe E (beginnende Nutzer), der diese Technologie einsetzt, hat sich im gleichen Zeitraum verdreifacht, von 4,7 % (2005) auf 19,4 % (2007). In den Interviewgruppen A (uninformierte Landwirte), C (informierte Nichtnutzer) und D (potentielle Nutzer) liegt der Nutzeranteil in fast allen Umfragen unter 10 % (vgl. Abbildung 6.21). In den Expertengesprächen zeigen sich ähnliche Tendenzen: 13 von 29 Landwirten in den Experteninterviews gaben an, diese Systeme zu besitzen und in ihren Betrieben einzusetzen (vgl. Abbildung 6.20).

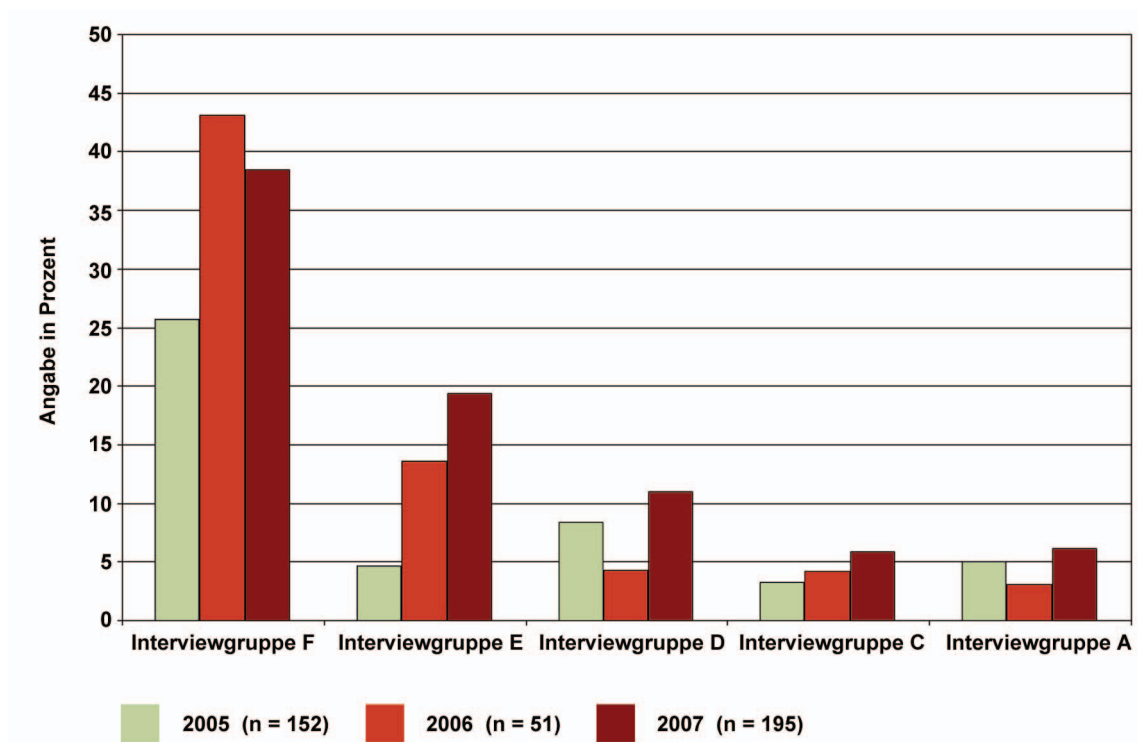


Abbildung 6.21: Anteil der Landwirte, die Parallelfahrssysteme oder automatische Lenksysteme nutzen

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse mit einem Schwerpunkt auf den Daten erfassenden Methoden deuten zwar an, dass sich der Praxiseinsatz von Precision Farming in Deutschland noch ziemlich am Anfang befindet. Jedoch hat sich in den Untersuchungen auch gezeigt, dass der prozentuale Anteil der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer), die neben den Daten erfassenden Methoden auch VR Technologien in ihren Betrieben verwenden, seit 2001 kontinuierlich zugenommen hat. Über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007 ist ihr Anteil von 36,6 % auf 50,3 % angestiegen (vgl. Tabelle 6.15).

Tabelle 6.15: Anteil der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer), die ausschließlich Daten erfassende Methoden bzw. bereits VR Technologien nutzen

	ausschließliche Nutzung Daten erfassender Methoden	Nutzung der VR Technologien
2001	63,4 %	36,5 %
2003	62,0 %	38,0 %
2005	52,6 %	47,4 %
2006	54,9%	45,1 %
2007	49,7%	50,3 %

Um mehr über die von den Landwirten bei der Einführung von Precision Farming gewählte Einstiegsreihenfolge zu erfahren, wurden in den quantitativen Untersuchungen 2006 und 2007 die Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) gefragt, welche weiteren Methoden sie planen, zukünftig zu nutzen und in welcher Reihenfolge (1. Methode, 2. Methode, 3. Methode) sie diese in ihre Betriebe einführen wollen. In Abbildung 6.22 sind die Ergebnisse dargestellt. Die Umfrageergebnisse weichen deutlich voneinander ab, dennoch lässt sich aus beiden Untersuchungen eine zukünftige Trendentwicklung hin zu einer verstärkten Nutzung von VR Technologien ableiten. So hat der Großteil (2006: 32 %, 2007:17 %) der interviewten Landwirte angegeben, als weitere Methode zukünftig zunächst die sensorbasierte Stickstoffdüngung einführen zu wollen. Hinsichtlich der Einführung einer zweiten und dritten Methode unterscheiden sich die Untersuchungsergebnisse von 2006 und 2007. 2006 haben viele der interviewten Landwirte angegeben, keine weiteren Methoden über die erste Methode hinaus einführen zu wollen. Diejenigen Landwirte in der Untersuchung 2006, die

zusätzlich weitere Methoden in ihren Betrieben implementieren werden, wollen mehrheitlich als zweite Methode die differenzierte Stickstoffdüngung ohne Sensor (22 %) und als dritte Methode entweder die sensorbasierte Stickstoffdüngung oder die differenzierte Stickstoffdüngung ohne Sensor oder den differenzierten Pflanzenschutz einführen (vgl. Abbildung 6.22).

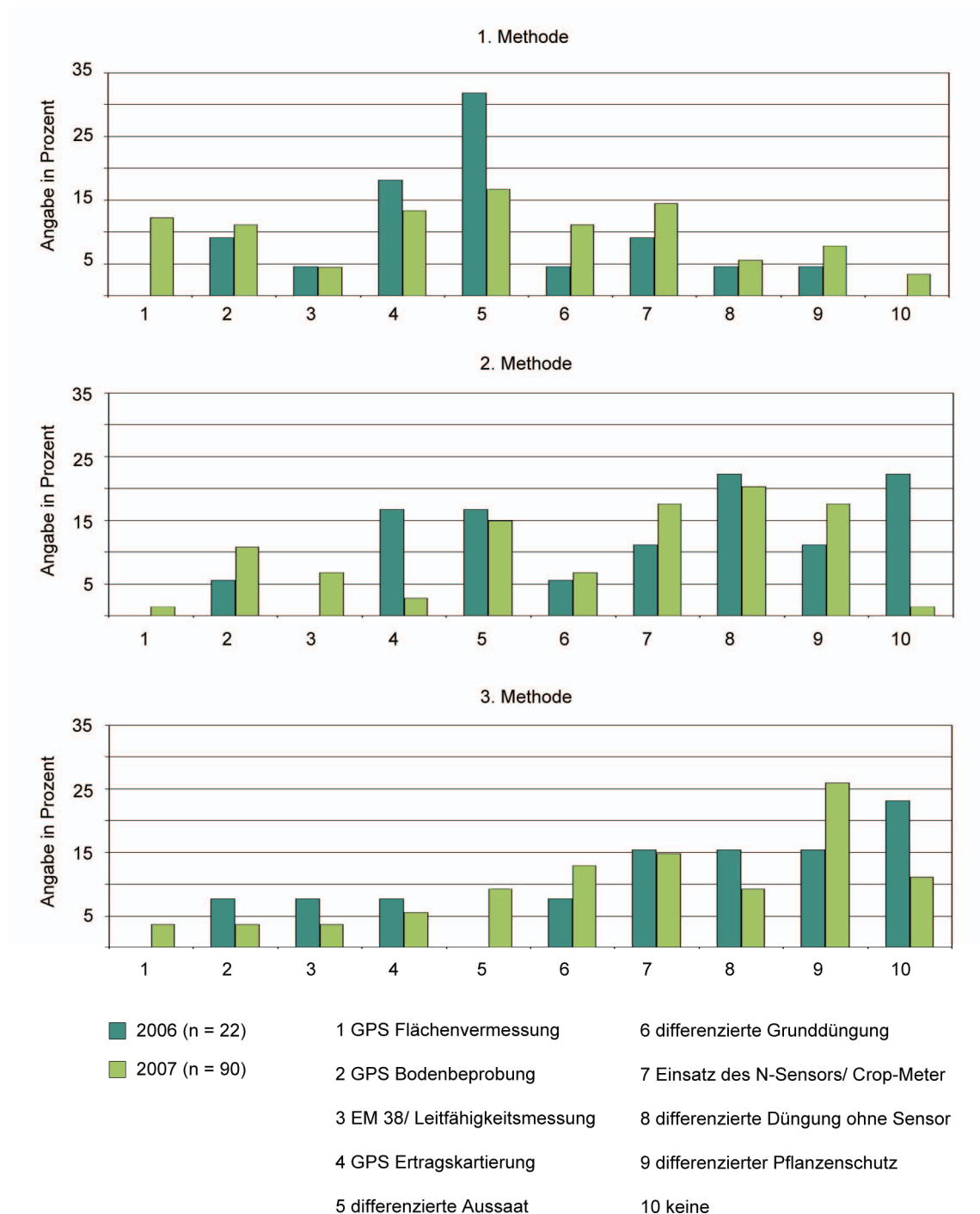


Abbildung 6.22: Reihenfolge der Methoden, welche in Zukunft zusätzlich zu den bisherigen eingeführt werden sollen

2007 gab der Großteil der interviewten Landwirte an, als zweite Methode die differenzierte Stickstoffdüngung ohne Sensor (2007: 20 %) und als dritte Methode den differenzierten Pflanzenschutz (26 %) einführen zu wollen.

Um weitere Informationen zu den bestehenden Akzeptanzmustern bei der Praxiseinführung von Precision Farming zu erhalten, wurden in den Untersuchungen 2005, 2006 und 2007 diejenigen Landwirte, die bisher ausschließlich Daten erfassende Methoden nutzen, nach den Ursachen gefragt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.23 aufgeführt. Viele der interviewten Landwirte haben angegeben, dass sie diese Technologie ausschließlich zu Zwecken der Betriebsdatendokumentation einsetzen; eine Auswertung und Umsetzung der gewonnen Informationen ist von den Landwirten nicht geplant. Ein Teil der Landwirte verfügt bisher noch über zu wenig Flächeninformationen, um auf deren Basis Bewirtschaftungsentscheidungen treffen zu können (vgl. Abbildung 6.23).

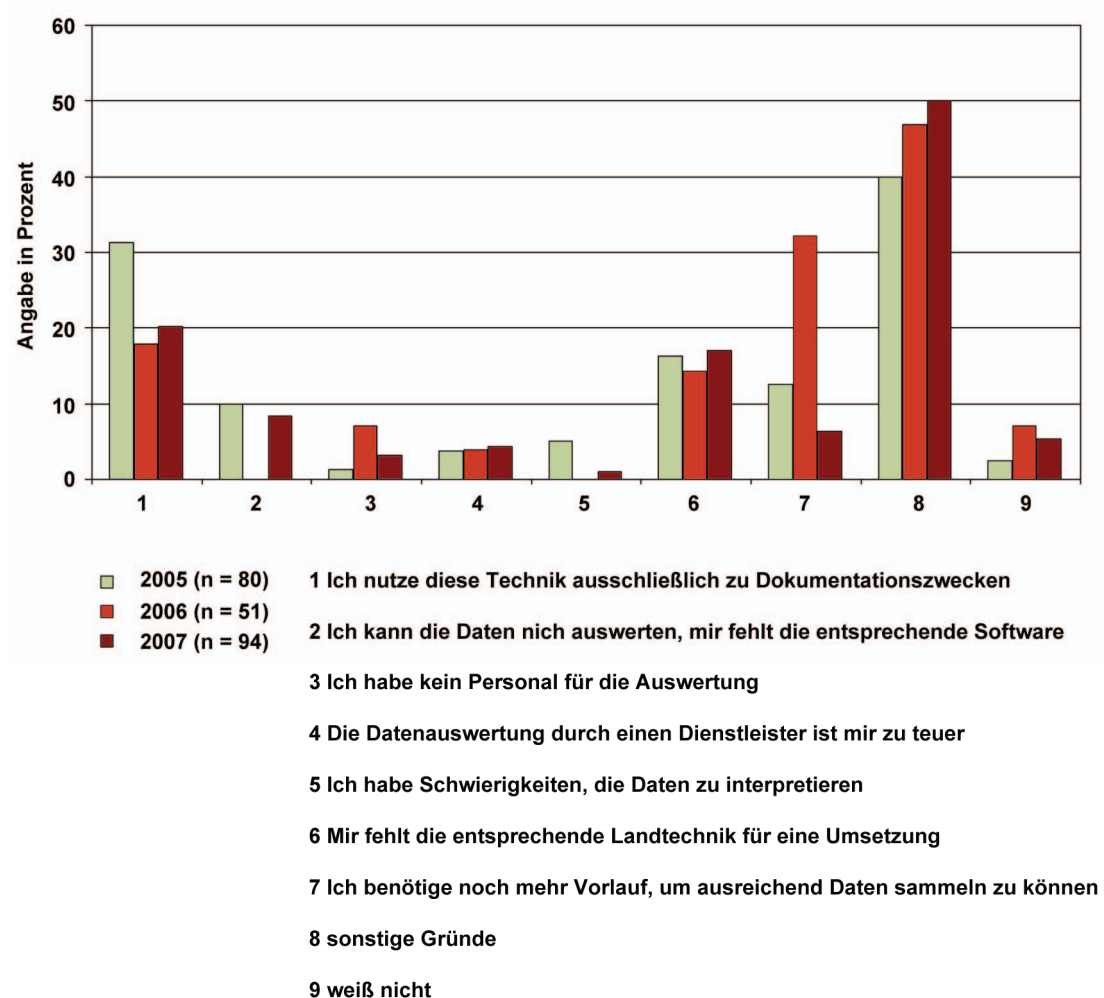


Abbildung 6.23: Ursachen für die ausschließliche Nutzung erfassender Methoden

Daher benötigen sie mehr Vorlauf für die Datenerfassung (2005: 12,5 %, 2006: 32,4 %, 2007: 6,4 %). Des Weiteren fehlt einigen Landwirten die passende Landtechnik für eine differenzierte, teilflächenspezifische Bewirtschaftung (2005: 16,3 %, 2006: 14,3 %, 2007: 17 %). Die Hauptursache liegt für den Großteil der interviewten Landwirte jedoch in anderen Bereichen, so haben 40 % bis 50 % der Landwirte als Begründung für die ausschließliche Nutzung von Daten erfassenden Methoden *sonstige Gründe* angeben (vgl. Abbildung 6.23).

Die in den quantitativen Untersuchungen angedeuteten Akzeptanzmuster und Einstiegsreihenfolgen in Precision Farming, mit einer verstärkten Nutzung der Daten erfassenden Methoden während der Anfangsphase und einer verzögerten Einführung der VR Technologien, zeigt sich ebenfalls in den Ergebnissen der Expertengespräche. Die Reihenfolge, in der die verschiedenen Precision Farming Methoden im Betrieb eingeführt wurden, variiert von Experte zu Experte erheblich. Daher lässt sich kein einheitliches Muster für die Einstiegsreihenfolge aus den Ergebnissen der Expertengespräche ableiten (vgl. Abbildung A.3 im Anhang). Dennoch hat der Großteil der Landwirte in den Expertengesprächen (18 von 29) zunächst damit begonnen, umfassend Informationen über die eigenen Flächen zu sammeln. In einem weiteren Schritt erfolgt dann die Datenauswertung und schließlich die Umsetzung der gewonnen Informationen in Form einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung.

„[...] ich habe keinen anderen Ansatz gesehen, als so anzufangen. Letztendlich brauche ich erst mal Teilinformationen. Es nützt nichts, dass ich den zweiten Schritt vor dem ersten gehe und sag: Ich hab jetzt irgendwo einen N-Sensor oder eine Aussaatkarte oder Pflanzenschutzvariationsmöglichkeiten und weiß eigentlich gar nicht, was wirklich an meinem Schlag los ist. Also erst einmal Informationen sammeln und dann, wenn ich die Informationen hab, die eben auswerten und dann weiter zu arbeiten. Das ist eigentlich der Gedanke gewesen [...]“ (Landwirt 15 aus Sachsen-Anhalt)

Die genaue Reihenfolge, mit welcher die Experten die verschiedenen Precision Farming Methoden in ihren Betrieb eingeführt haben, ist in Abbildung A.3 im Anhang dargestellt. Der Großteil der Befragten (14 von 29 Experten) steigt mit

der GPS-Flächenvermessung in Precision Farming ein. Nach der GPS-Flächenvermessung sind die GPS-Bodenbeprobung (8 von 29 Experten) und die GPS-Ertragskartierung (8 von 29 Experten) die zweithäufigsten Einstiegsmethoden (vgl. Abbildung A.3 im Anhang). Die meisten Landwirte (14 von 29 Experten) haben zunächst mit nur einer Methode angefangen und später weitere hinzugenommen. Nur vier der befragten Landwirte nutzten von Anfang an vier Methoden. Während in der Einstiegsphase die Daten erfassenden Methoden dominieren, nimmt mit fortschreitender Nutzung der Anteil an VR Technologien zu. Dieser Trend setzt sich bei den für die Zukunft geplanten Methodeneinführungen fort: viele der befragten Experten (12 von 29) gaben an, zukünftig VR Technologien in ihren Betrieben nutzen zu wollen bzw. weitere hinzuzunehmen. Nur sechs der interviewten Landwirte wollen zukünftig keine weiteren Methoden einführen. Der Zeitraum zwischen dem Beginn der Datenerfassung bis zur Umsetzung der gewonnenen Informationen mit Hilfe der VR Technologien liegt bei einem Großteil der Experten (18 von 29) zwischen drei und sechs Jahren.

Ähnliche Akzeptanzmuster, bezüglich der Einstiegsreihenfolge und dessen zeitlichen Verlauf, lassen sich für den bisherigen Diffusionsprozess von Precision Farming anhand der Ergebnisse der quantitativen Untersuchungen nachweisen. Die Abbildung 6.24 gibt den Zeitpunkt an, wann die interviewten Landwirte die jeweiligen Precision Farming Methoden auf ihren Betrieben eingeführt haben. Die Ergebnisse zeigen, dass in der Zeit von 1995 bis 2000 die Zahl der Landwirte, die mit einzelnen Precision Farming Methoden angefangen haben, kontinuierlich zugenommen hat. Dabei überwiegen die Methoden der Datenerfassung. Die maximale Zahl an Neueinführungen wurde in der Zeit zwischen 1999 und 2001 erreicht. Nach 2001 ist die Zahl der Neueinsteiger bis 2007 wieder kontinuierlich zurückgegangen, jedoch hat gleichzeitig der Anteil der VR Technologien seit dieser Zeit kontinuierlich zugenommen (vgl. Abbildung 6.24).

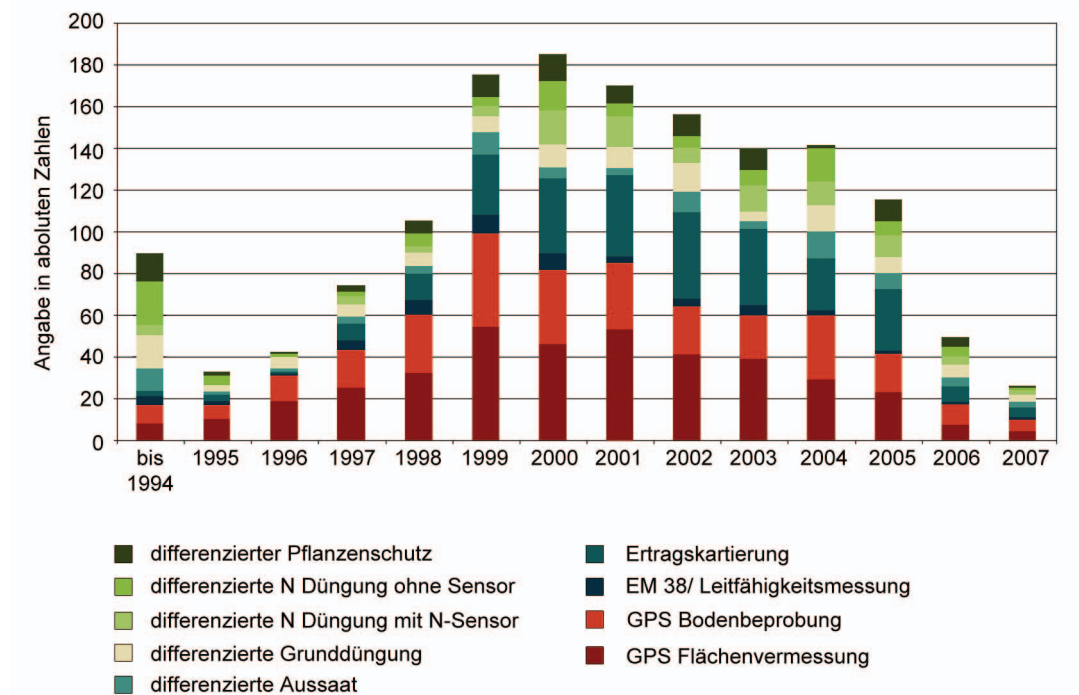


Abbildung 6.24: Einstiegszeitpunkt in die verschiedenen Precision Farming Methoden (Untersuchungsergebnisse 2001 bis 2007)

Ein wesentlicher Faktor bei der Einführung von Precision Farming im Betrieb sind die damit verbundenen Motivationen und Ziele, die durch die Nutzung erreicht werden sollen. Die Landwirte in den quantitativen Untersuchungen wurden gefragt, welche Beweggründe sie dazu veranlasst haben, Precision Farming auf ihren Betrieben einzuführen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Abbildung 6.25 dargestellt. Für einen Großteil der Landwirte ist die *Senkung der Betriebskosten* durch den Einsatz von Precision Farming Technologien der Hauptmotivationsgrund (2001: 35 %, 2003: 46 %, 2005: 48 %, 2006: 40 %, 2007: 55 %). Weitere wichtige Beweggründe waren die *Gewinnsteigerung* und die *genauere Schlagkenntnis*. Insbesondere zu Anfang der Studie, in den Untersuchungsjahren 2001 und 2003, verfolgte der Großteil der interviewten Landwirte (2001: 50 %, 2003: 43 %) das Ziel, durch die Anwendung von Precision Farming Technologien mehr Informationen über seine Schläge zu erhalten. In der Untersuchung 2007, haben hingegen nur noch 31 % der interviewten Landwirte diesen Grund als Motivation angegeben. Der prozentuale Anteil der Landwirte, die eine Gewinnsteigerung durch Precision Farming erzielen wollen, ist über den gesamten Untersuchungszeitraum von 31 % (2001) auf 55 %

(2007) angestiegen. Weitere wichtige Beweggründe waren die *Ertragsteigerung*, die *Qualitätssicherung* und die *Qualitätssteigerung* (vgl. Abbildung 6.25).

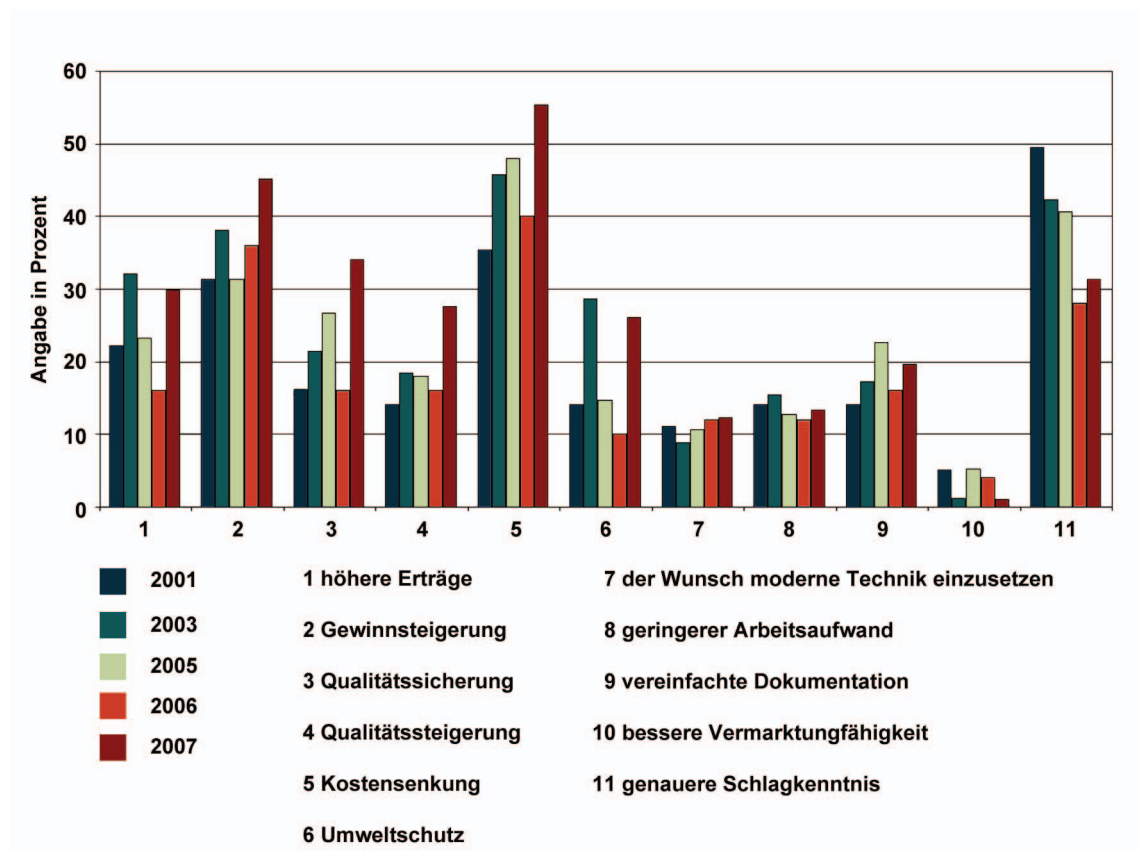


Abbildung 6.25: Motivation zur Einführung von Precision Farming

Die Expertengespräche kommen zu ähnlichen Ergebnissen. In Abbildung 6.26 sind die wichtigsten Motivationsfaktoren, die von den Experten in den Interviews angeführt wurden, dargestellt. Für den Großteil der Experten (15 von 29 Experten) stellt der mit Abstand wichtigste Motivationsfaktor für eine Einführung von Precision Farming die Kosteneinsparung dar. Diese soll unter anderem durch die Umstellung auf eine effizientere Düngung, die am Bedarf der Pflanze ausgerichtet ist, erreicht werden (9 von 29 interviewten Experten):

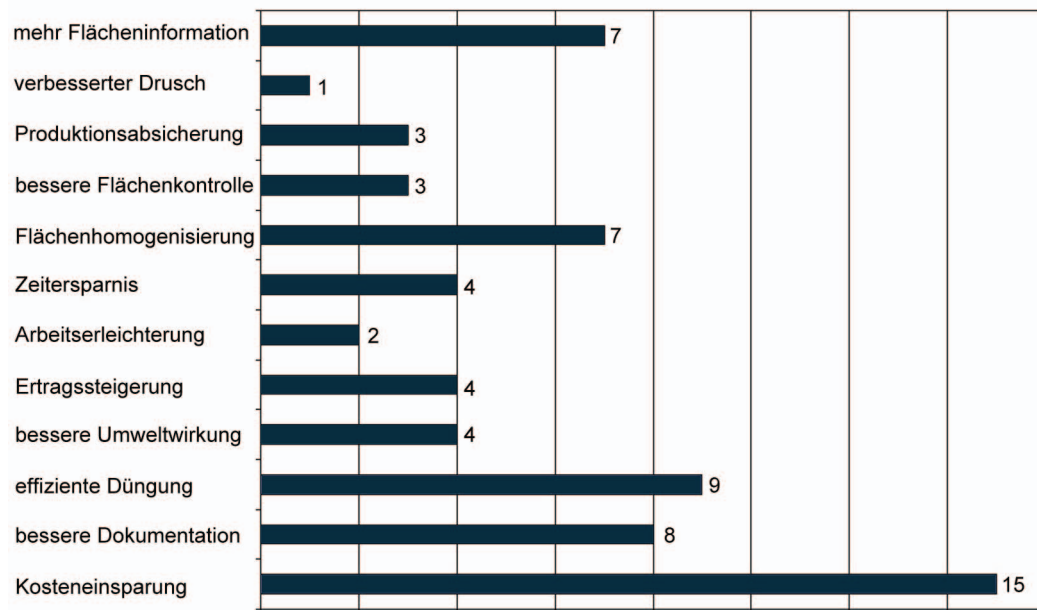


Abbildung 6.26: Motivation der Experten Precision Farming einzuführen, Angabe in absoluten Zahlen

„[...] Die Düngung noch effizienter zu gestalten [...] Damit natürlich, bzw. da effizienter, Kosten zu sparen, ist klar. Als erster Grund [...]“ (Landwirt 1 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Ja einerseits Kosteneinsparung, das ist eigentlich das Hauptziel dabei und eben den Dünger und Pflanzenschutzmittel so auszubringen, wo er hingehört, dass man keine Überdüngung und keine Underdüngung hat [...]“ (Landwirt 13 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Der nächste Grund ist auch, die Düngung den Entzügen anzupassen. Das heißt also an Stellen, an denen ich, wenn ich 'ne Ertragskarte nehme und habe auf der Ertragskarte Schwankung von 60 Doppelzentner bis 120 Doppelzentner, dann muss ich einfach, wo nur 60 Doppelzentner wachsen, eben auch nur die Hälfte düngen [...]“ (Landwirt 1 aus Sachsen-Anhalt)

Als Nebeneffekt der angepassten Düngung, erreichen die Landwirte eine verbesserte Umweltwirkung, da weniger ausgewaschen wird und weniger in das Grundwasser gelangt. Für vier von neunundzwanzig interviewten Experten war die verbesserte Umweltwirkung ein Grund Precision Farming zu nutzen.

„[...] Der ausschlaggebende Faktor ist eigentlich die Voraussetzung hier in Mecklenburg, diese heterogenen Böden. Dass wir endlich davon wegkommen mussten, von dieser einheitlichen Grunddüngung. Dass wir eigentlich dahin wollen, das ist ja das Ziel, die Pflanzen optimal zu versorgen. Und auf dem Sandboden müssen sie anders versorgt werden als auf 'nem guten Lehmboden vom Ertragspotential her [...]“ (Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern)

Darüber hinaus verfolgen viele Landwirte (8 von 29 Experten) mit dem Einsatz dieser Technologien das Ziel, eine genaue und vor allen Dingen lückenlose Dokumentation der eigenen Betriebsdaten zu erreichen, um so bei einer Betriebsprüfung auf der sicheren Seite zu sein:

„[...] und der vierte Punkt, wo wir eben mit angefangen haben, ist eigentlich die Dokumentation gewesen. Ich möchte gerne, wenn wir mal kontrolliert werden und die fragen so blöde Dinge wie: Haben Sie eigentlich N-Min-Werte genommen? Oder dies oder das oder jenes, dass man eben sagen kann, hier hab ich die Applikationskarten und mache das, was der Bestand eigentlich haben will. Wozu brauch ich N-Min-Werte, wenn ich's hinterher wieder ausgleichen kann? So einfach, jetzt platt gesagt. Und deswegen versuche ich, von jeder Anwendung diese Karte zumindest noch auf dem Rechner zu haben, um jeder Zeit zeigen zu können: so, das und das ist da und da passiert [...]“ (Landwirt 8 aus Niedersachsen)

„[...] Das erste Ziel war sicherlich, eine Flächenkontrolle zu bekommen, um meinen Agrarantrag vernünftig abzusichern. Um dort also gegebenenfalls vor Kontrollen sicher zu sein, dass wir da keine großen Fehler drin haben. Das war das erste Ziel [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

Ein weiterer Vorteil der automatischen Betriebsdatenerfassung ist die resultierende Zeiteinsparung (4 von 29 Experten):

„[...] Gut wenn man das richtige System hat, wenn man z.B. alles von *John Deere* hat, da ist ja alles gekoppelt, das spart natürlich schon richtig Zeit ein. Wenn ich nicht selber spritze, sondern der Mitarbeiter schreibt das Zeug auf, ich gebe es dann ein, da sind dann natürlich immer mehrere an der Datenerfassung beteiligt und wenn

man so einen Datenlogger hat, wo das automatisch macht, das spart natürlich richtig Zeit [...]“ (Landwirt 3 aus Sachsen-Anhalt)

Andere Landwirte hingegen sehen diesen Zeitvorteil durch eine automatische Datenerfassung nicht. Zumindest gaben Sie an während der Einführungsphase eher einen höheren Arbeitsaufwand zu haben:

„[...] Da ist aber Zeitersparnis am Anfang wenig gewesen. Denn, ich sag mal, ich musste die Flächen trotzdem komplett alle abfahren, die Überfahrten waren die gleichen, es war hier im Büro mehr Aufwand. Also Zeitersparnis bringt' s jetzt erst, denk ich [...] Ja! Wenn man, wenn man jetzt als Dokumentation die Düngung nimmt, zum Beispiel. Als Nachweis, okay kann man die Karten schön ausdrucken. Kann sagen: Bitte schön, hier ist 'ne Streukarte, so ist der Schlepper gefahren, das war's. Inzwischen ja [...]“ (Landwirt 1 aus Sachsen-Anhalt)

Eine weitere wichtige Zielsetzung, die von vielen Landwirten genannt wurde, ist die Flächenhomogenisierung (7 von 29 Experten).

„[...] Die Schläge einheitlich zu machen, dass irgendwo überall die gleiche Grundversorgung vorherrscht. Die Grundversorgung hat ja nichts mit der Enddüngung zu tun. Das die Grundversorgung auf allen Schlägen irgendwo konstant ist. Das ist eins der obersten Maxime. Beim Dünger spart man am Ende nicht so viel ein, weil die Schläge sehr verschieden sind. Nur der Dünger soll halt da platziert werden, wo er hin gehört [...]“ (Landwirt 4 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] dass ich von der Düngungsversorgung her versuche, in die bessere gleichmäßigere Versorgung mit rein zu kommen [...]“ (Landwirt 16 aus Niedersachsen)

„[...] den Schlag homogener hin zu kriegen, dann die Erträge zu stabilisieren oder zu gucken, wo man Sie noch steigern kann in der Zukunft [...]“ (Landwirt 18 aus Sachsen)

Der Teil der interviewten Experten (7 von 29), der bisher noch am Anfang der Anwendung von Precision Farming Technologien steht und bis dato noch keine bzw. kaum VR Technologien auf seinem Betrieb einsetzt, verfolgt in erster Linie das Ziel, Informationen über die eigenen Ackerschläge zu sammeln:

„[...] Genau, das ist mein Ziel, dass ich da jetzt erst mal mit anfangen Daten zu sammeln [...]“ (Landwirt 17 aus Sachsen)

6.1.4 Raumzeitliche Verbreitungsmuster von Precision Farming in Deutschland

Die räumlichen Verbreitungsmuster der Landwirte in den verschiedenen Interviewgruppen (D potentielle Nutzer, E beginnende Nutzer und F Nutzer) wurden anhand der Postleitzahlen der Betriebsstandorte dargestellt und mit Hilfe der in Kapitel 5.1 vorgestellten Methoden modelliert. Grundlage bilden die Ergebnisse des gesamten Untersuchungszeitraumes von 2001 bis 2007. Dementsprechend stammen die modellierten Ergebnisse nicht aus einer Stichprobe, sondern aus den verschiedenen Stichproben der jeweiligen Umfragejahre. Diese Tatsache muss bei der Interpretation der Daten mit beachtet werden.

Die räumliche Verteilung der Interviewgruppe F (Nutzer) für die einzelnen Umfragejahre ist in Abbildung 6.27 als prozentuale Verteilung auf die Bundesländer dargestellt. In allen Untersuchungen weist jeweils das Bundesland, in dem die Messe stattfindet bzw. das zum Messestandort benachbarte Bundesland (2006), den höchsten prozentualen Anteil an Landwirten der Interviewgruppe F (Nutzer) auf (> 20 % bis maximal 26 %). Dementsprechend ist ein Einfluss des Messestandorte auf die räumliche Verteilung der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) zwar vorhanden, jedoch ist dieser nur geringfügig ausgeprägt (vgl. Abbildung 6.28 und 6.29). Die räumliche Verteilung der Gesamtstichprobe (alle interviewten Landwirte) nimmt ebenfalls kaum Einfluss auf die Verbreitungsmuster der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer). Im Vergleich zur Gesamtstichprobe (vgl. Abbildung 6.1 und 6.2) weist die Interviewgruppe F (Nutzer) einen höheren Anteil an Landwirten aus den ostdeutschen Bundesländern auf. Mit Ausnahme von Brandenburg (2005 und 2006 0 %) und Berlin (in allen Umfragen 0 %) schwankt der prozentuale Anteil in den ostdeutschen Bundesländern zwischen 5 % und 20 %. Den geringsten prozentualen Nutzeranteil weisen die Stadtstaaten und das Saarland auf. Der Anteil in den übrigen westdeutschen Bundesländern variiert zwischen den einzelnen Untersuchungszeitpunk-

ten, so dass kein einheitliches Verbreitungsmuster erkennbar ist (vgl. Abbildung 6.27).

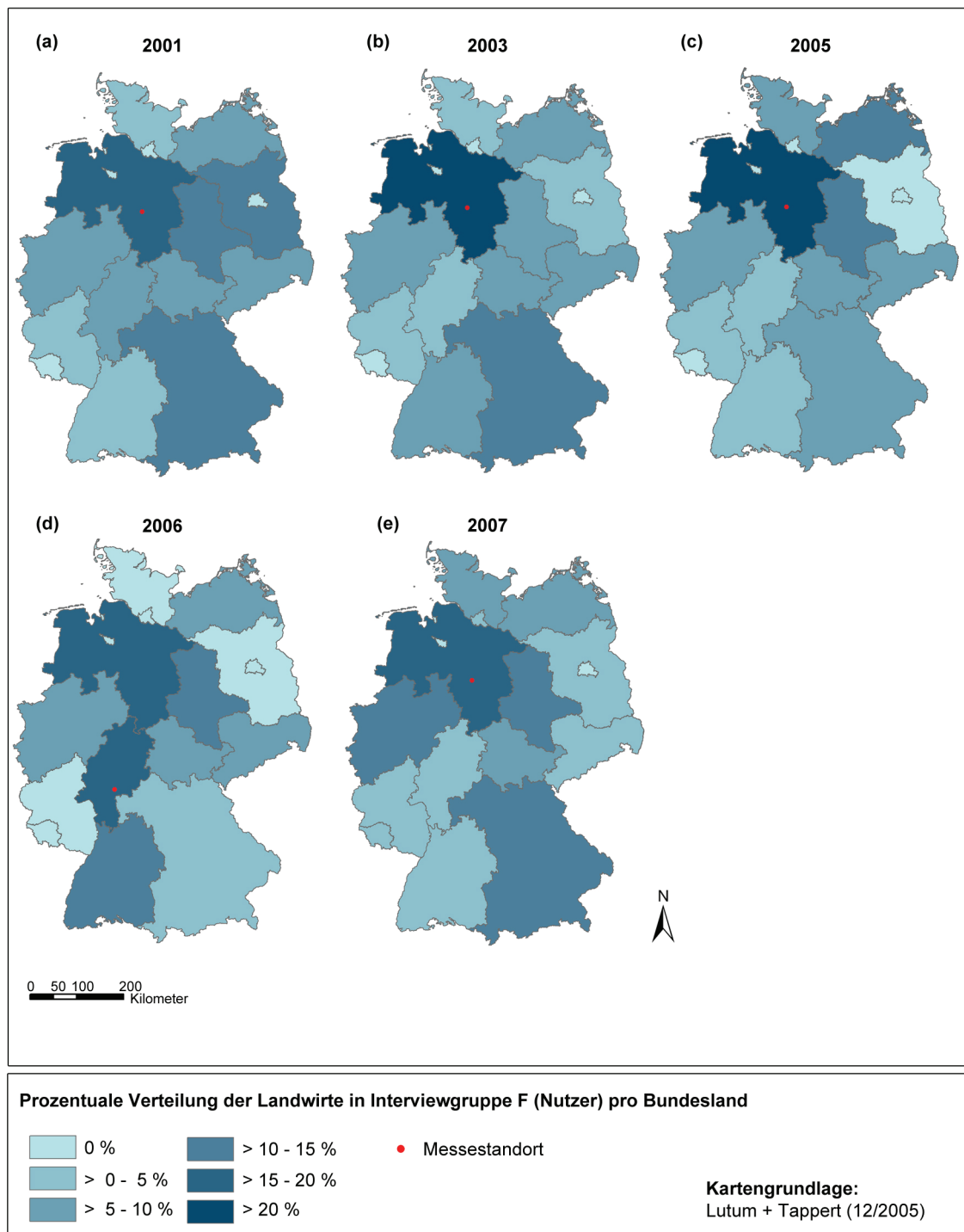


Abbildung 6.27: Prozentuale Verteilung der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) pro Bundesland

Die Modellierung der Verteilungsdichte der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) erfolgt auf Basis der Berechnungen der Simple Density und der Kernel Density in ArcGIS. Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen sind in

Abbildung 6.28 und 6.29 dargestellt. Die Ausgangsbasis für die Berechnungen bilden die Betriebsstandorte der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer). Die Ergebnisse aus den einzelnen Untersuchungen wurden summiert, so dass der Stichprobenumfang der Interviewgruppe F (Nutzer) von Untersuchungszeitpunkt zu Untersuchungszeitpunkt zunimmt: $n = 91$ (2001), $n = 241$ (2003), $n = 365$ (2005), $n = 414$ (2006), $n = 585$ (2007). Entsprechend stellen die Abbildung 6.28 (e) und 6.29 (e) die Verbreitungsmuster der Landwirte in Interviewgruppe F für den gesamten Untersuchungszeitraum von 2001 bis einschließlich 2007 zusammengefasst dar. Diese Herangehensweise setzt voraus, dass die Nutzung von Precision Farming immer weiter fortgeführt wurde bzw. wird. Landwirte, die von der Technologie enttäuscht sind und aus diesen Gründen die Nutzung von Precision Farming wieder aufgegeben haben, werden im Rahmen der Untersuchung nicht berücksichtigt. Dennoch lässt sich anhand dieser Methoden ein Überblick über die räumlichen Verbreitungsmuster von Precision Farming in Deutschland ermitteln. Regionen mit einer höheren Verbreitungsdichte können von Regionen mit einer niedrigen Verbreitungsdichte unterschieden werden.

Die Methode der Simple Density gibt die Verteilungsdichte der Daten am ursprünglichsten wieder, da keine Gewichtungsfaktoren in die Berechnung einbezogen werden und die Ergebnisse eng an die Ursprungsdaten angelegt sind. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Precision Farming vor allen Dingen in der Mitte Deutschlands am weitesten verbreitet hat. Der Bereich mit der höchsten Nutzerdichte erstreckt sich über einen Streifen vom nordöstlichen Nordrhein-Westfalen und südöstlichen Niedersachsen über Nordhessen, Sachsen-Anhalt und Thüringen bis nach Sachsen. Ein zweites größeres Gebiet mit einer höheren Nutzerdichte erstreckt sich vom östlichen Schleswig-Holstein bis nach Mecklenburg-Vorpommern (vgl. Abbildung 6.28 (e)). In Brandenburg, Rheinland-Pfalz und dem Saarland hat sich Precision Farming bisher so gut wie gar nicht etablieren können, wobei berücksichtigt werden muss, dass der Anteil der Gesamtstichprobe aus diesen Bundesländern ebenfalls gering ist. In Baden-Württemberg und Bayern konnte sich Precision Farming bisher nur vereinzelt durchsetzen. Eine etwas höhere Nutzerdichte weist hingegen Hessen auf (Abbildung 6.28 (e)). Entgegen den Verbreitungsmustern in der Choroplethenkarte (vgl. Abbildung 6.27) hat sich Precision Farming 2001 zunächst überwie-

gend in Ostdeutschland verbreitet (vgl. Abbildung 6.28 (a)). Dabei war Sachsen-Anhalt das Gebiet mit der stärksten Nutzerdichte. Bis 2003 (Abbildung 6.28 (b)) hat sich dieses Kerngebiet auf das südöstliche Niedersachsen, das nördliche Hessen, Thüringen und das westliche Sachsen ausgedehnt. Ein weiteres Verdichtungsgebiet ist in Mecklenburg-Vorpommern entstanden. In den Jahren 2005, 2006 und 2007 haben sich diese Kerngebiete an den Rändern weiter ausgedehnt und zunehmend verdichtet (vgl. Abbildung 6.28 (c-f)).

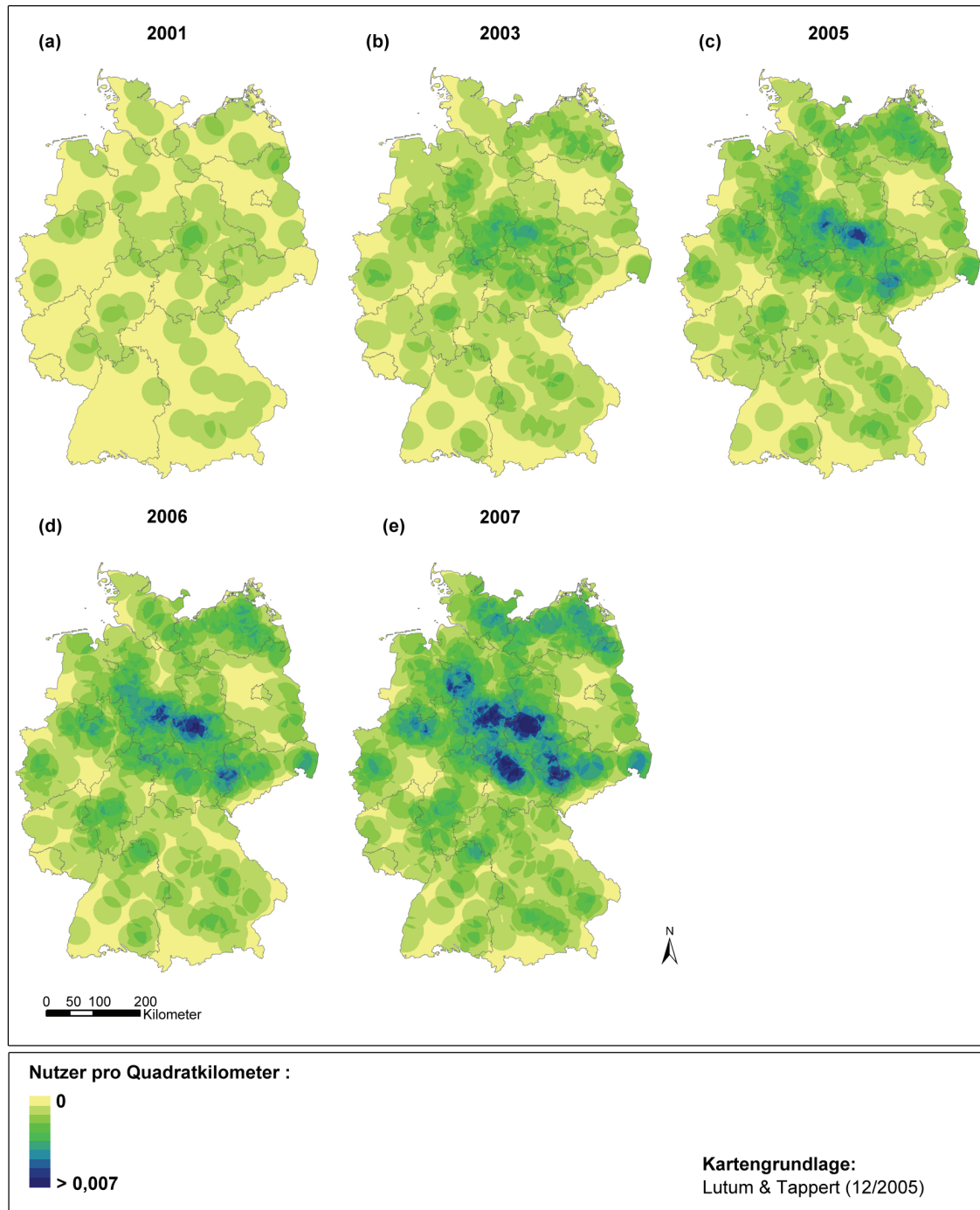


Abbildung 6.28: Räumliche Verbreitungsmuster der Interviewgruppe F (Nutzer), modelliert anhand der Methode Simple Density

Abbildung 6.29 stellt die Verteilungsdichte der Interviewgruppe F (Nutzer) auf der Berechnungsgrundlage der Kernel Density dar. Bei der Berechnung der Kernel Density fließen Gewichtungsfaktoren in die Berechnung mit ein. Diese nehmen ausgehend vom Zentrum des Untersuchungsradius zum Rand hin ab. Die Auswahl dieser Methoden als Berechnungsgrundlage für die Verteilungsdichte erfolgt vor dem Hintergrund der diffusionstheoretischen Ansätze von HÄGERSTRAND (vgl. Kapitel 4.1 und 5.1).

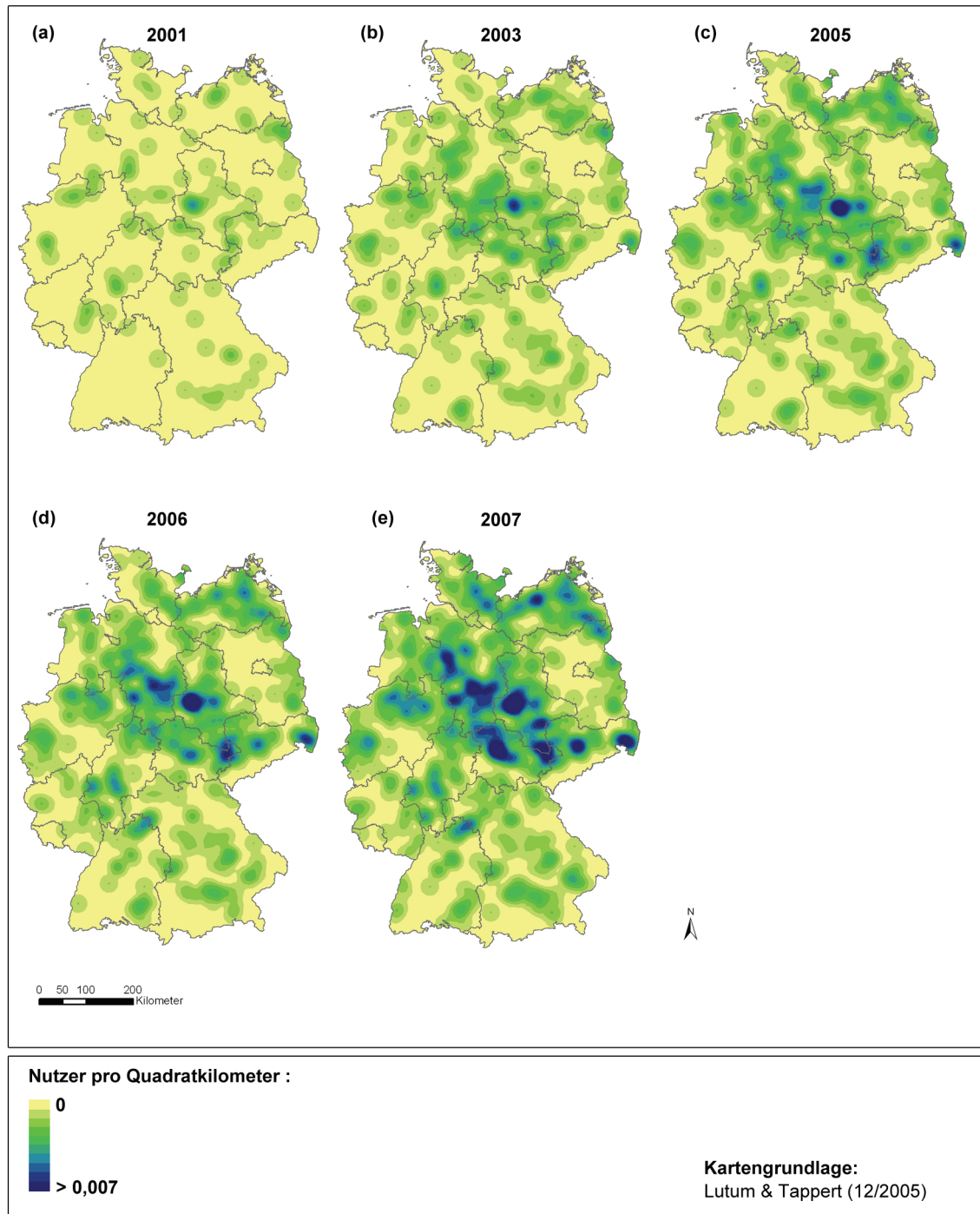


Abbildung 6.29: Räumliche Verbreitungsmuster der Interviewgruppe F (Nutzer), modelliert anhand der Methode der Kernel Density

Die Gewichtungsfaktoren bei der Berechnung der Kernel Density simulieren die Abnahme der Wahrscheinlichkeiten für die Informationsweitergabe im Diffusionsmodell von HÄGERSTRAND. Die Ergebnisse zeigen eine, im Vergleich zur Simple Density, deutlichere Differenzierung zwischen Gebieten mit einer hohen Nutzerdichte, Gebieten mit einer geringen Nutzerdichte, bis hin zu Gebieten, in denen Precision Farming bisher keine Rolle spielt. Die vorhandenen räumlichen Clusterstrukturen treten dabei deutlicher in Erscheinung als bei der Simple Density (vgl. Abbildung 6.29), wobei die Verbreitungsmuster, mit Ausnahme der Untersuchung 2001, denen in der Beschreibung zu Abbildung 6.28 entsprechen. Bei den Ergebnissen von 2001 (vgl. Abbildung 6.29 (a)) zeigt sich zwar ebenfalls eine erste Kernzone mit einer höheren Verbreitungsdichte in Sachsen-Anhalt, jedoch kann auf Grundlage der Abbildung 6.29 (a) kein Verbreitungsschwerpunkt weder Ostdeutschland noch in den restlichen Bundesländern nachgewiesen werden. Aufgrund der stärkeren Differenzierung dienen diese Dichtekarten nachfolgend als Basis für weitere Analysen zu räumlichen Verbreitungsmustern.

Zur Überprüfung der Signifikanz der identifizierten Clusterstrukturen wurde eine einfache Clusteranalyse anhand der ArcGIS Funktion *Average Nearest Neighbor Distance* berechnet. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Tabelle 6.16 dargestellt. Sie zeigen, dass bei einem Signifikanzniveau von 0,01 die vorhandenen räumlichen Verbreitungsmuster der Interviewgruppe F (Nutzer) mit hoher Wahrscheinlichkeit ($p = 0,000$) in Clustern vorliegen.

Tabelle 6.16: Ergebnis der Clusteranalyse auf Basis der Betriebsstandorte der Interviewgruppe F (Nutzer) für den Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007

Durchschnittliche Distanz	Z Score	p Wert	Kritischer Wert
0,74	- 12,09	,000	- 2,58

Das Signifikanzniveau liegt bei 0,01

Entsprechend der Theorien von den *Nachbarschaftseffekten* nach HÄGERSTRAND, müssten die räumlichen Verteilungsmuster der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) und D (potentielle Nutzer), denen der Interviewgruppe F (Nutzer) ähneln. Abbildung 6.30 und Abbildung 6.32 zeigen die räumlichen Ver-

breitungsmuster der Landwirte beider Interviewgruppen vor dem Hintergrund der Verteilungsdichte der Interviewgruppe F (Nutzer). Die Vorgehensweise zur Erstellung der Karten war die gleiche wie bei Interviewgruppe F (Nutzer): die Ergebnisse aus den einzelnen Untersuchungsjahren wurden aufaddiert. Abbildung 6.30 (e) und 6.32 (e) stellen jeweils die Zusammenfassung der Stichproben über den gesamten Untersuchungszeitraum dar.

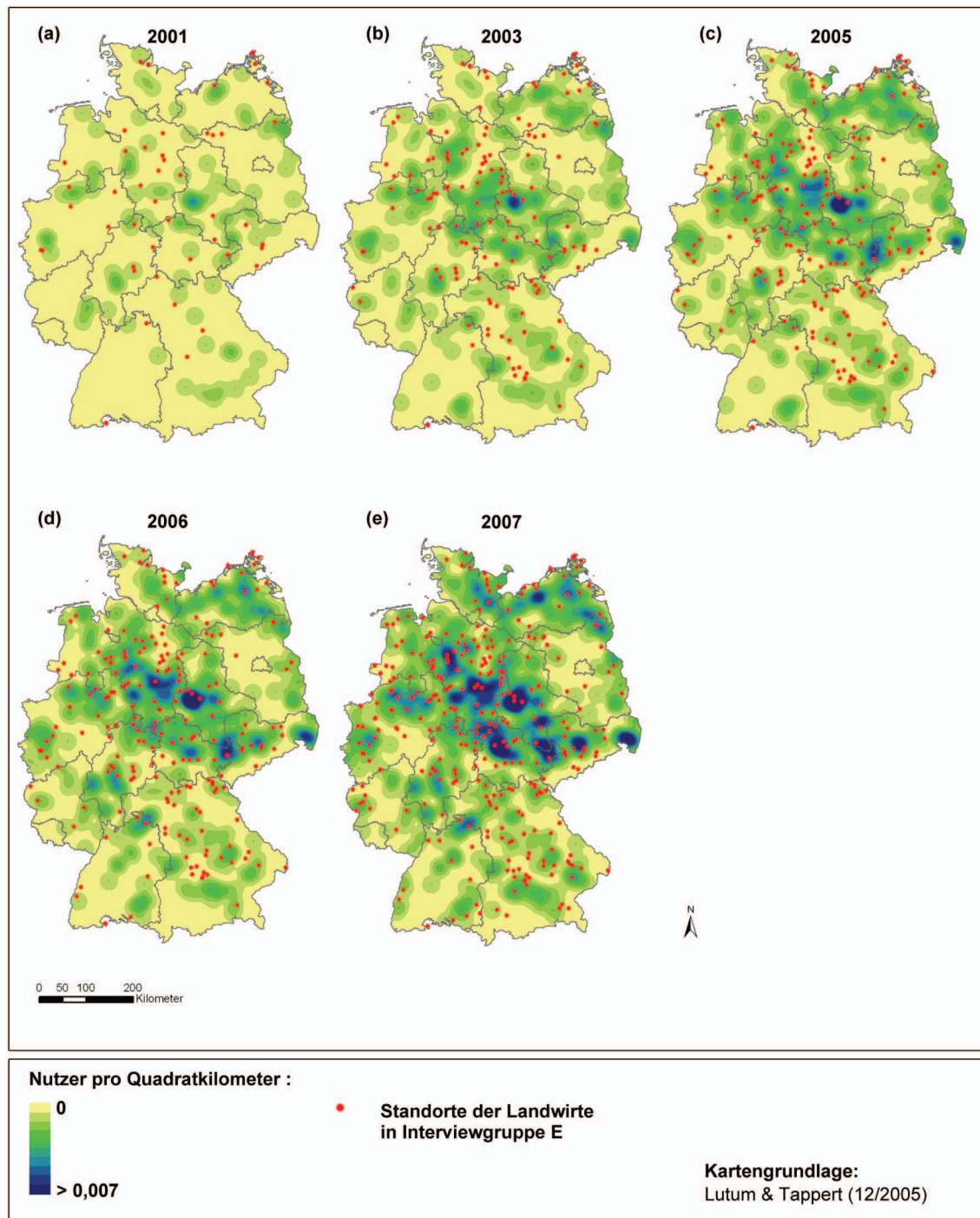


Abbildung 6.30: Verteilungsdichte der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) und Betriebsstandorte der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer)

Ein direkter Zusammenhang zwischen den Verbreitungsmustern von Interviewgruppe F (Nutzer) und denen der Interviewgruppen E (beginnenden Nutzer) und D (potentielle Nutzer) lässt sich anhand der beiden Abbildungen nicht erkennen. Welche Verteilungsmuster die Interviewgruppen E (beginnenden Nutzer) bzw. D (potentielle Nutzer) im Einzelnen aufweisen und in welchen Regionen Übereinstimmungen zu den räumlichen Verteilungsmustern der Interviewgruppe F (Nutzer) bestehen, wird im Folgenden separat erläutert.

Bei der Analyse der räumlichen Verteilungsmuster der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) fällt auf, dass der Verbreitungsschwerpunkt dieser Gruppe in allen Untersuchungen in Westdeutschland liegt. Die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern weisen den höchsten Anteil an Landwirten der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) auf (vgl. Abbildung 6.30). Deutlicher als bei der räumlichen Verteilung von Interviewgruppe F (Nutzer), spiegelt sich bei Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) der Einfluss des Messestandortes und die räumliche Verteilung der Gesamtstichprobe (vgl. Abbildung 6.1 und 6.2) wieder. Jener Einfluss zeigt sich insbesondere bei der prozentualen Verteilung der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) auf die Bundesländer (vgl. Abbildung 6.31). In den Umfragen 2001, 2003, 2005 und 2007 hat das Bundesland Niedersachsen jeweils den höchsten prozentualen Anteil an der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer). Die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Bayern weisen bei dem Großteil aller Untersuchungen ebenfalls einen, im Vergleich zu den anderen Bundesländern, höheren Prozentsatz auf (vgl. Abbildung 6.31). Ausnahme bildet die Untersuchung von 2006 (vgl. Abbildung 6.31 (d)), hier kam die Mehrheit der Landwirte nicht aus Hessen, dem Bundesland mit dem Messestandort, sondern aus Thüringen und Baden-Württemberg. Erst an zweiter Stelle folgen die Bundesländer Hessen und Bayern.

Die Überschneidungen, die zwischen den Verbreitungsmustern der Interviewgruppen E (beginnende Nutzer) und F (Nutzer) existieren, sind daher mit hoher Wahrscheinlichkeit zufällig und weniger auf einen Einfluss von *Nachbarschaftseffekten* zurückzuführen. Dies zeigt sich vornehmlich in den Verteilungsmustern bei den Untersuchungen 2001 und 2003 (vgl. Abbildung 6.30 (a-b)). In beiden Erhebungen liegen die Betriebsstandorte der Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) zum Großteil außerhalb des Einflussbereiches der Interviewgruppe F

(Nutzer). Ähnliche Verteilungsmuster zeigen sich ebenfalls in den anderen Untersuchungen, allerdings weniger stark ausgeprägt (vgl. Abbildung 6.30).

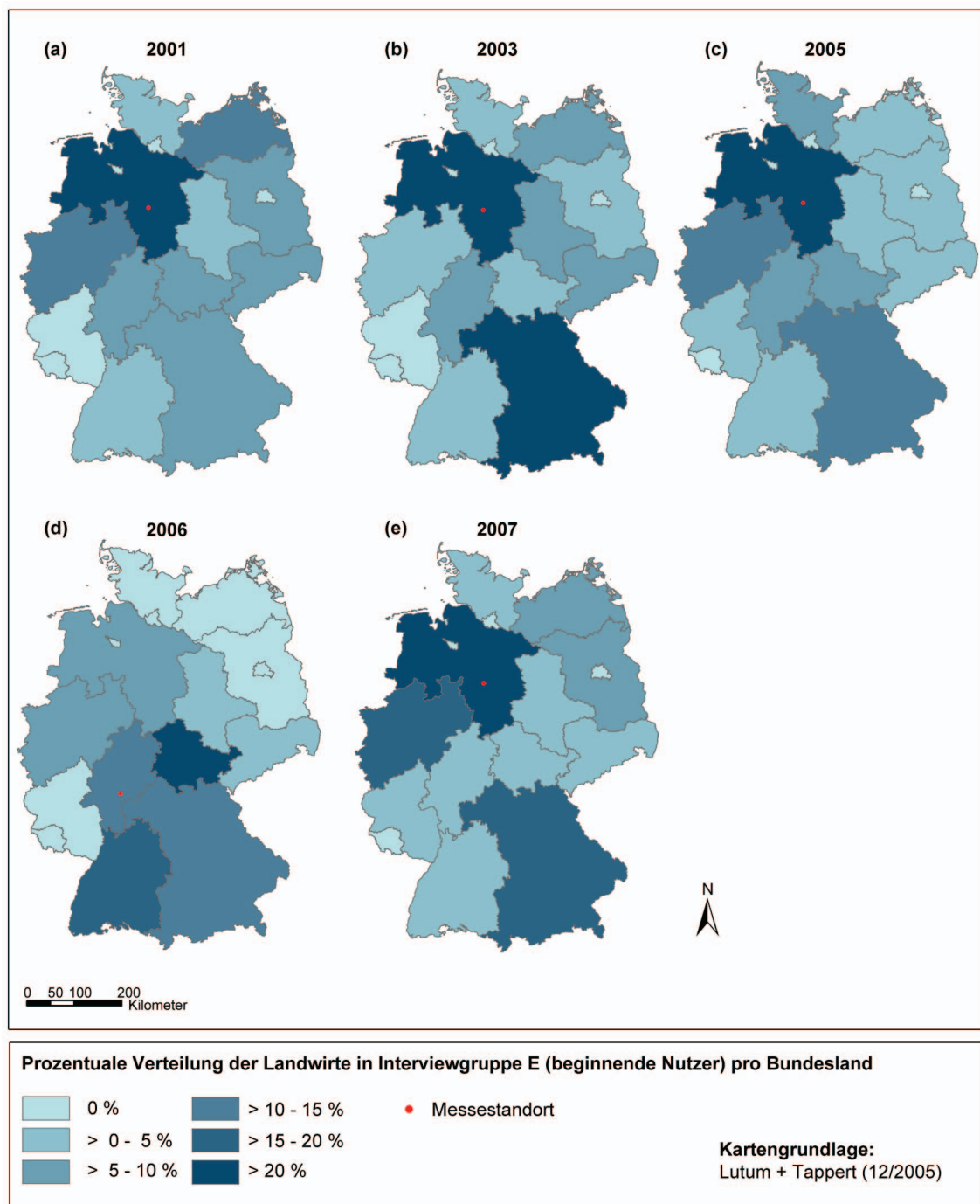


Abbildung 6.31: Prozentuale Verteilung der Landwirte in Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) auf die Bundesländer, aufgelistet nach den Untersuchungszeitpunkten

In Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) liegt der Verbreitungsschwerpunkt ebenfalls in Westdeutschland, vor allen Dingen in Teilen von Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Hessen (vgl. Abbildung 6.32). Verglichen mit Inter-

viewgruppe E (beginnende Nutzer), haben deutlich weniger Landwirte in Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) ihren Betriebsstandort in Ostdeutschland. Für Ostdeutschland lässt sich daher kein Zusammenhang zwischen den Verbreitungsmustern der Interviewgruppe F (Nutzer) und der Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) erkennen. Nur in Bereichen von Niedersachsen und Schleswig-Holstein sind vereinzelt Überschneidungsbereiche zwischen beiden Gruppen nachweisbar.

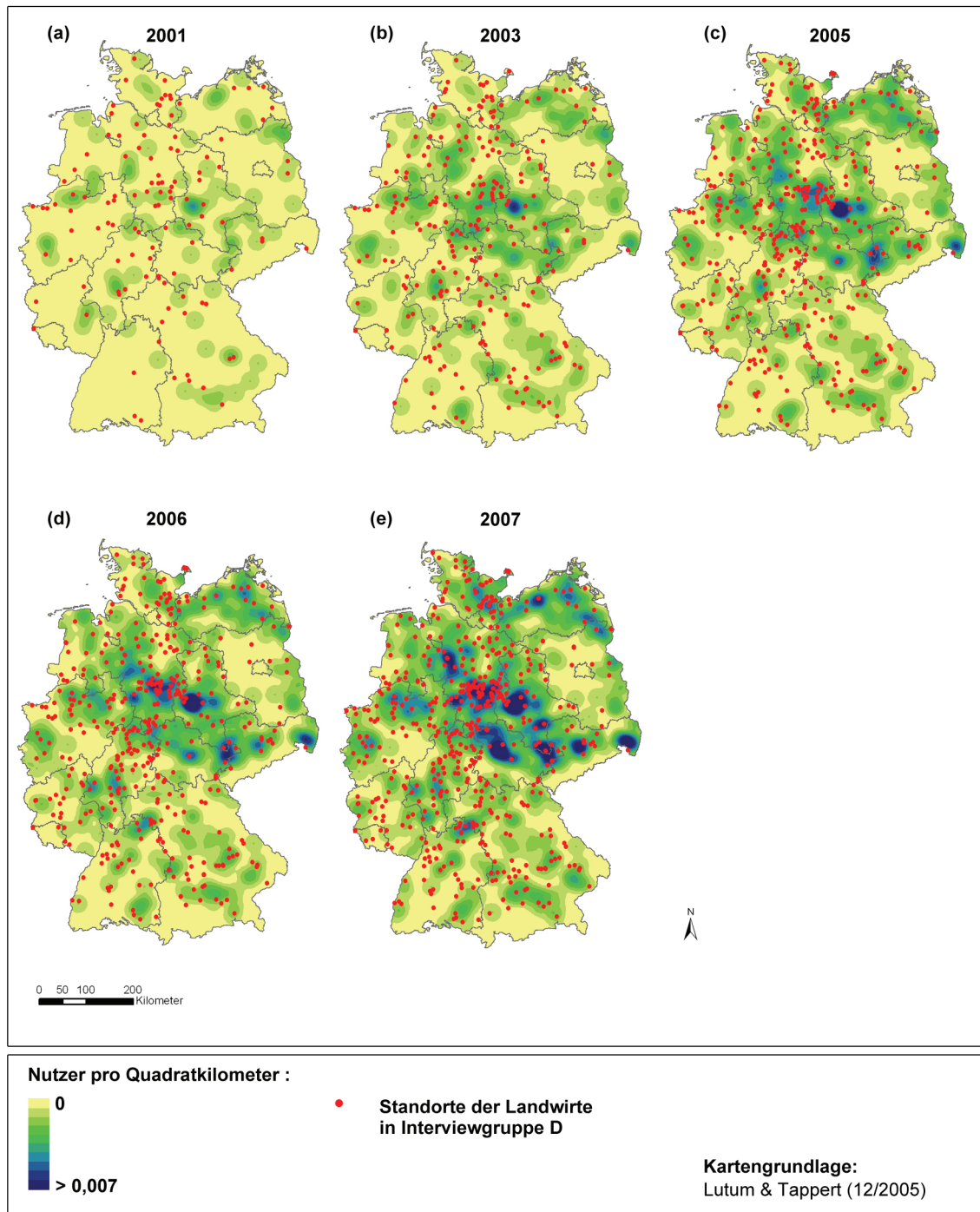


Abbildung 6.32: Verteilungsdichte der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) und Betriebsstandorte der Interviewgruppe D (potentielle Nutzer)

Abbildung 6.33 zeigt die prozentuale Verteilung der Landwirte in Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) auf die Bundesländer. Die Ergebnisse zeigen, dass in allen Untersuchungen jeweils das Bundesland mit dem Messestandort den höchsten Prozentanteil an den Landwirten der Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) hat. Auffällig ist die geringe Verbreitung der Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) in Ostdeutschland (vgl. Abbildung 6.33).

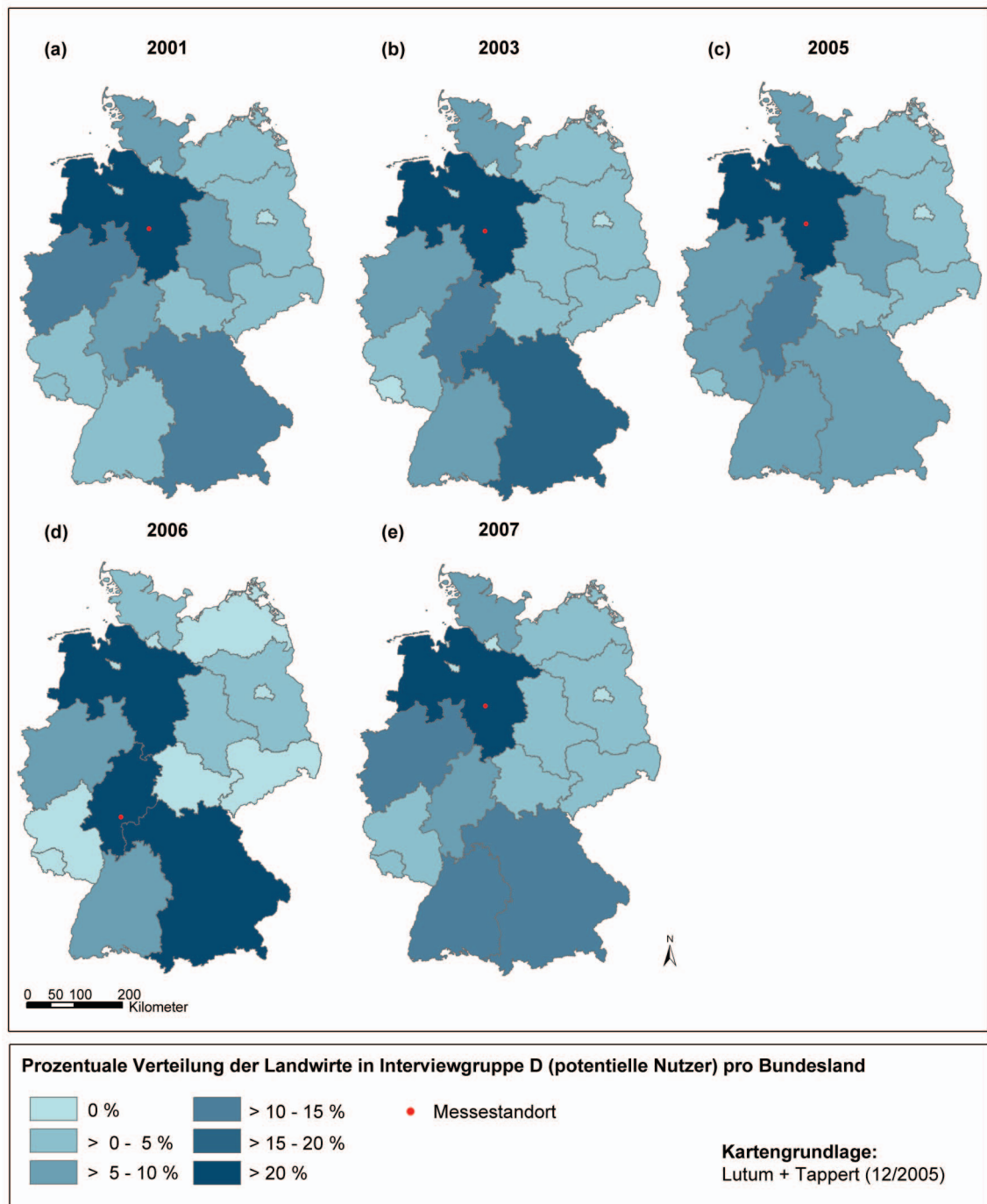


Abbildung 6.33: Prozentuale Verteilung der Landwirte in Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) auf die Bundesländer, aufgelistet nach den Untersuchungszeitpunkten

Die Ergebnisse zeigen, dass die räumlichen Verbreitungsmuster der Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) von denen der Interviewgruppe F (Nutzer) abweichen. Besonders deutlich zeigt sich die Abweichung in der Karte 6.32 (a), in der nur vereinzelt Überschneidungen zwischen den beiden Interviewgruppen auftreten.

Darüber hinaus wurde untersucht, welche räumlichen Verteilungsmuster die einzelnen Precision Farming Methoden aufweisen und inwieweit sich ein großräumiger Diffusionsprozess z.B. von Ost- nach Westdeutschland nachweisen lässt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.34 unterschieden nach Daten erfassenden Methoden und VR Technologien dargestellt. Die Vorgehensweise bei der Kartenerstellung entspricht der in den bereits vorgestellten Karten.

Eine großräumige Diffusionsbewegung auf Bundeslandebene oder von Ost- nach Westdeutschland lässt sich anhand der Ergebniskarten nicht nachweisen (vgl. Abbildung 6.34). Vielmehr zeigen sich lokale kleinräumige Gebiete, in denen entweder verstärkt Daten erfassende Methoden oder verstärkt VR Technologien verbreitet sind. Die Gebiete mit einer stärkeren Verbreitung der Daten erfassenden Methoden liegen zum Teil unmittelbar neben Gebieten mit einer stärkeren Verbreitung der VR Technologien. Ein einheitliches Verbreitungsmuster ist daher nicht erkennbar.

Welche Verbreitungsdichte die Daten erfassenden Methoden und welche die VR Technologien im Einzelnen haben, ist in Abbildung 6.35 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Daten erfassenden Methoden im Vergleich zu den VR Technologien eine insgesamt großräumigere Verbreitung in Deutschland haben. Diese Ergebnisse entsprechen der in Abbildung 6.19 dargestellten prozentualen Verteilung der durch die Interviewgruppe F (Nutzer) verwendeten Precision Farming Methoden. Der Verbreitungsschwerpunkt der Daten erfassenden Methoden befindet sich in Sachsen-Anhalt. Daneben existieren weitere kleinerer Regionen mit einer stärkeren Nutzerdichte in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen. Die Nutzung von VR Technologien ist entsprechend dem geringeren Nutzeranteil, auch räumlich weniger stark verbreitet. Das Hauptverbreitungsgebiet der VR Technologien konzentriert sich auf Thüringen und Sachsen (vgl. Abbildung 6.35). Darüber hinaus befinden sich Regionen mit einer stärkeren Verbreitung der VR Technologien im

südlichen Niedersachsen, südlichen Sachsen-Anhalt sowie in Mecklenburg-Vorpommern. Im Vergleich zu den Daten erfassenden Methoden sind die VR Technologien in Süddeutschland bisher kaum verbreitet (vgl. Abbildung 6.35).

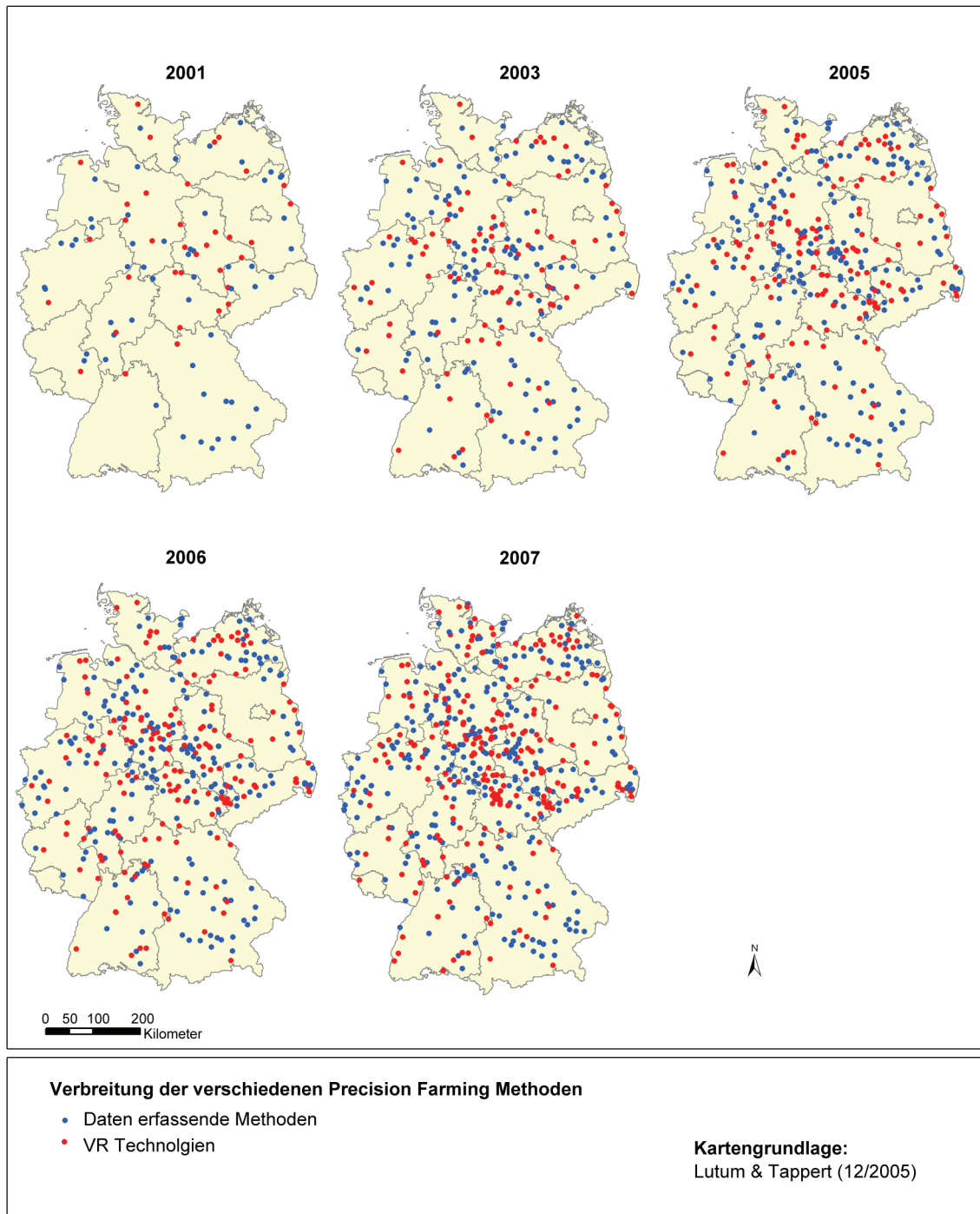


Abbildung 6.34: Räumliche Verbreitung von Precision Farming unterschieden nach Daten erfassenden Methoden und VR Technologien

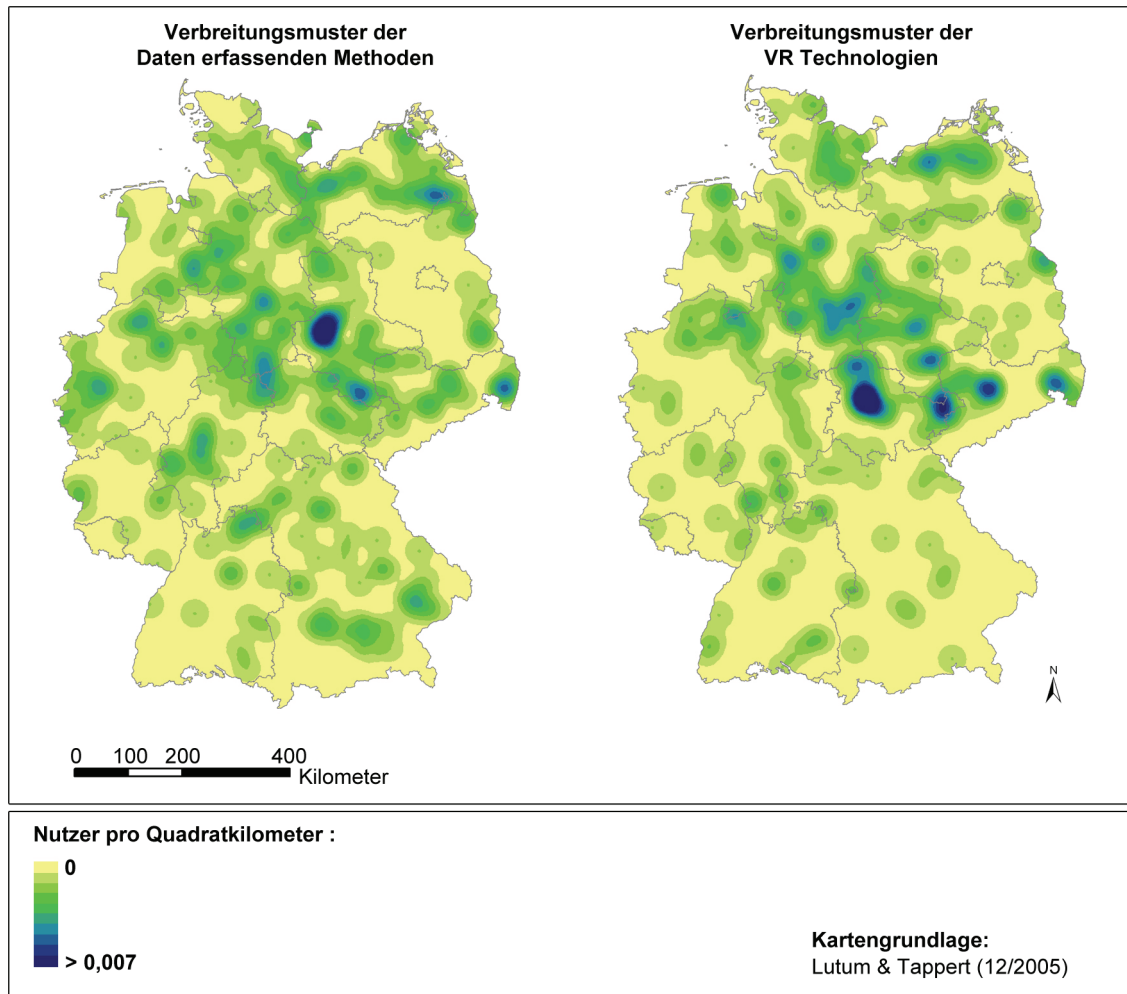


Abbildung 6.35: Verbreitungsmuster der Landwirte in Interviewgruppe F, die Daten erfassende bzw. VR Technologien nutzen

Darüber hinaus wurden die raumzeitlichen Verbreitungsmuster für Precision Farming allgemein¹⁵ (vgl. Abbildung 6.36) und einzeln nach Precision Farming Methoden aufgelistet (vgl. Abbildung 6.37) erfasst. Grundlage bilden die Angaben der Interviewgruppe F (Nutzer), wann sie die verschiedenen Precision Farming Methoden auf ihren Betrieben einführt haben. Dabei wurden die Ergebnisse des gesamten Untersuchungszeitraumes von 2001 bis 2007 berücksichtigt. In beiden Abbildungen (6.36 und 6.37) sind die Einstiegszeitpunkte (mit 1994 als erster Einstiegszeitpunkt und 2007 als letzter Einstiegszeitpunkt) nach farblichen Abstufungen gekennzeichnet dargestellt: Dabei wird die Zeit bis 2000 durch eine Farbabstufung von dunkelblau nach Gelb und die Zeit von 2000 bis

¹⁵ Bei Landwirten, die mehrere Precision Farming Methoden nutzen, wurde ausschließlich der früheste Einstiegszeitpunkt berücksichtigt.

2007 durch eine Farbabstufung von Gelb nach dunkelrot markiert. Anhand dieser Farbabstufungen soll zwischen Landwirten, die schon sehr früh (vor 2000) erste Precision Farming eingeführt haben und jenen die erst seit wenigen Jahren (nach 2000) Precision Farming nutzen, differenziert werden.

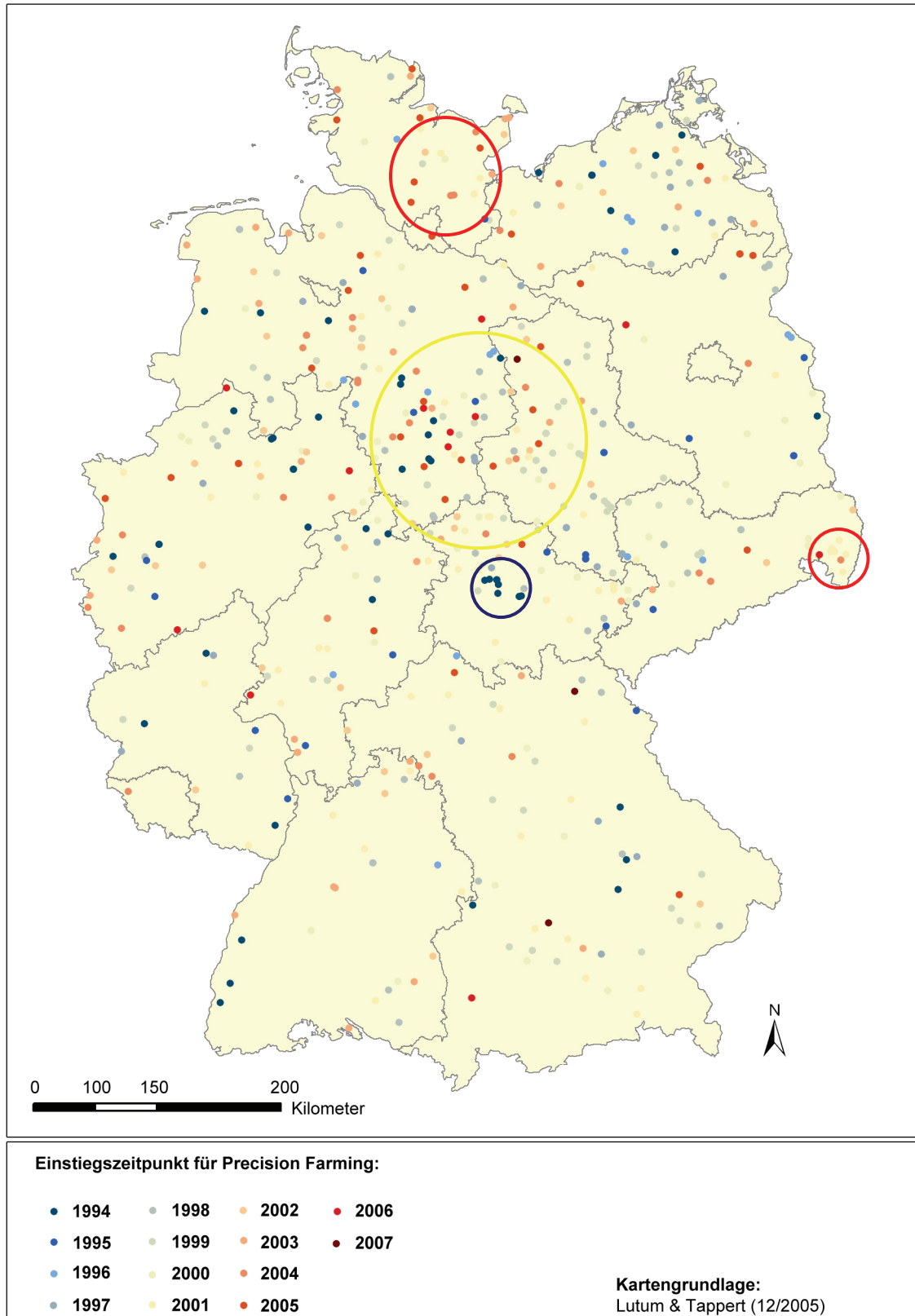


Abbildung 6.36: Einstiegszeitpunkt für Precision Farming

Großflächige Raummuster, die auf einen raumzeitlichen Diffusionsprozess von Precision Farming von Ost- nach Westdeutschland hindeuten, lassen sich anhand der in Abbildung 6.36 dargestellten Ergebnisse zu den Einstiegzeitpunkten der interviewten Landwirte in Precision Farming nicht erkennen. Ebenso wenig ist der Einfluss von *Nachbarschaftseffekten* nachzuweisen. Im Gegenteil, in Regionen mit einer höheren Verbreitungsdichte, wie beispielsweise in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (siehe gelbe Markierung Abbildung 6.36), liegen Betriebe mit sehr frühen Einstiegszeitpunkten unmittelbar neben Betrieben mit sehr späten Einstiegszeitpunkten, so dass eine direkte Beeinflussung eher unwahrscheinlich ist. Des Weiteren lassen sich kleinräumig Gebiete identifizieren, in denen der überwiegende Teil der Betriebe Precision Farming schon sehr lange nutzt, wie beispielsweise in Thüringen (siehe blaue Markierung Abbildung 6.36) oder Gebiete, in denen der Großteil der Landwirte erst spät mit Precision Farming angefangen hat, dazu gehören Teile von Sachsen oder Schleswig-Holstein (siehe rote Markierung Abbildung 6.36). Hier wäre ein Einfluss von *Nachbarschaftseffekten* denkbar. Ein einheitliches raumzeitliches Verbreitungsmuster für Precision Farming lässt sich jedoch auf Grundlage der in Abbildung 6.36 dargestellten Ergebnisse nicht nachweisen.

Im Gegensatz dazu, weisen die einzelnen Precision Farming Methoden unterschiedliche raumzeitliche Verteilungsmuster auf (vgl. Abbildung 6.37):

- Die GPS-Flächenvermessung und die GPS-Bodenbeprobung zählen zu den Methoden, die sich am stärksten in Deutschland verbreitet haben. Bei beiden Methoden liegt kein einheitliches raumzeitliches Verteilungsmuster vor: Betriebe, die diese Technologien schon vor 2000 genutzt haben, liegen neben Betrieben, die diese erst seit kurzer Zeit (nach 2000) nutzen. Der Anteil an frühen bzw. späten Nutzern ist in etwa ausgeglichen (vgl. Abbildung 6.37 (a und b))
- Der EM38 wird bisher nur von wenigen Landwirten genutzt, wobei sich der Verbreitungsschwerpunkt auf Ostdeutschland konzentriert. Ein Großteil der ostdeutschen Landwirte hat den EM38 schon lange im Einsatz (vor 2000). In Westdeutschland ist der Anteil an frühen bzw. späten Nutzern in etwa gleich verteilt (vgl. Abbildung 6.37 (c)).

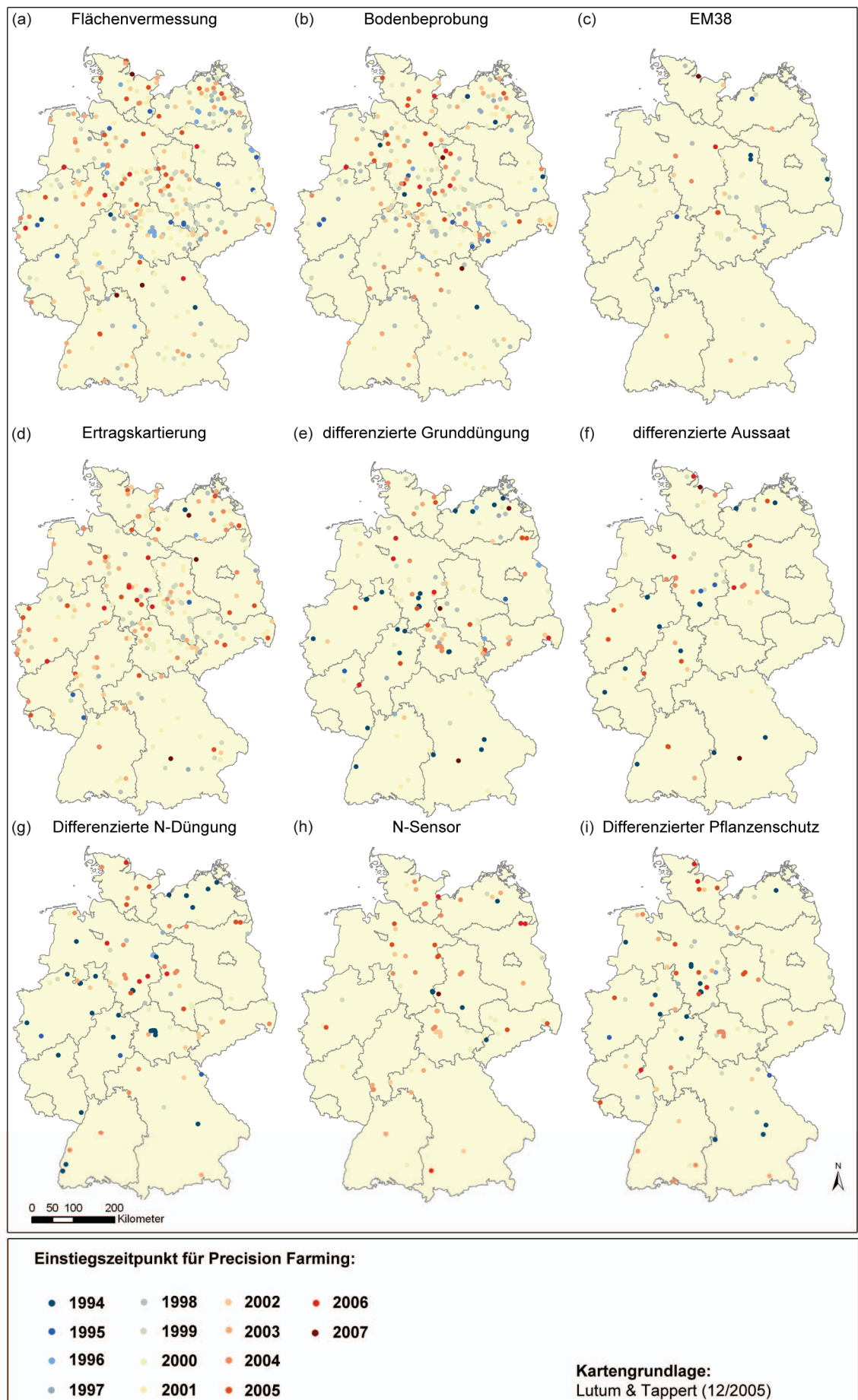


Abbildung 6.37: Einstiegszeitpunkte für die verschiedenen Precision Farming Methoden

- Die GPS-Ertragskartierung, die ebenfalls zu den Methoden mit der stärksten Verbreitung in Deutschland zählt, hat sich im Vergleich zur GPS-Flächenvermessung und GPS-Bodenbeprobung tendenziell später verbreitet. Ein Großteil der Landwirte hat erst nach 2000 damit angefangen, die GPS-Ertragskartierung zu nutzen (vgl. Abbildung 6.37 (d)).
- Bei der differenzierten Grunddüngung lassen sich anhand der Ergebniskarte keine großräumigen Verteilungsmuster erkennen. Ausnahme bildet Mecklenburg-Vorpommern, wo sich die differenzierte Grunddüngung bereits sehr früh durchsetzen konnte (vgl. Abbildung 6.37 (e)).
- Die differenzierte Aussaat wird primär von Landwirten in Westdeutschland bevorzugt. In Ostdeutschland beschränkt sich die Nutzung überwiegend auf Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern. Anteilmäßig sind die Gruppen der frühen bzw. der späten Nutzer zu gleichen Teilen vertreten (vgl. Abbildung 6.37 (f)).
- Die differenzierte N-Düngung (anhand von Applikationskarten) hat sich ebenfalls verstärkt in Westdeutschland etablieren können. Vorreiter dieser Methode in Westdeutschland waren dabei die Landwirte in Nordrhein-Westfalen und Hessen. In Niedersachsen und Schleswig-Holstein hingegen hat sich die Differenzierte N Düngung erst spät (nach 2000) verbreitet. In Ostdeutschland haben die Landwirte in Mecklenburg-Vorpommern und in Thüringen mehrheitlich schon früh die Differenzierte N Düngung genutzt, während sie in den übrigen ostdeutschen Bundesländern erst nach 2000 zum Einsatz kam (vgl. Abbildung 6.37 (g)).
- Der N-Sensor wird von den meisten Landwirten erst seit wenigen Jahren genutzt. Dabei konzentriert sich das Hauptverbreitungsgebiet auf die nördliche Hälfte Deutschlands mit den Bundesländern Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Thüringen und Sachsen (vgl. Abbildung 6.37 (h)).
- Das Hauptverbreitungsgebiet für den differenzierten Pflanzenschutz befindet sich in Westdeutschland. Hinsichtlich des Einstiegszeitpunktes lassen sich nur kleinräumige Verteilungsmuster erkennen. So hat sich diese Technologie erst spät (nach 2000) bei dem Großteil der Landwirte in Schleswig-Holstein, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Baden-Württemberg verbreitet. Anders verhält es sich in Bayern und Hessen,

dort wurde der differenzierte Pflanzenschutz von der Mehrheit der Nutzer bereits vor 2000 praktiziert. Im übrigen Bundesgebiet ist Anteil an frühen bzw. späten Anwendern gleich verteilt (vgl. Abbildung 6.37 (i))

Darüber hinaus wurde untersucht, inwieweit ein Zusammenhang zwischen den großen naturräumlichen Einheiten in Deutschland und den räumlichen Verteilungsmustern von Precision Farming hergestellt werden kann. Dementsprechend wurden die Kernverbreitungsgebiete von Precision Farming vor dem Hintergrund der topographischen Karte Deutschlands visualisiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Abbildung 6.38 dargestellt. Ein direkter Zusammenhang lässt sich anhand der Ergebnisse jedoch nicht erkennen. Zwar liegt ein Teil der Gebiete mit höherer Nutzerdichte in Bereichen, die von Natur aus durch eine höhere Bodenheterogenität geprägt sind, wie der Bereich der Mittelgebirge und die glazial überformten Gebiete der Norddeutschen Tiefebene, jedoch weisen auch Regionen wie die Bördenlandschaften, die sich eher durch eine hohe und gleichförmige Bodenqualität auszeichnen, hohe Verteilungsdichten von Precision Farming auf (vgl. Abbildung 6.38).

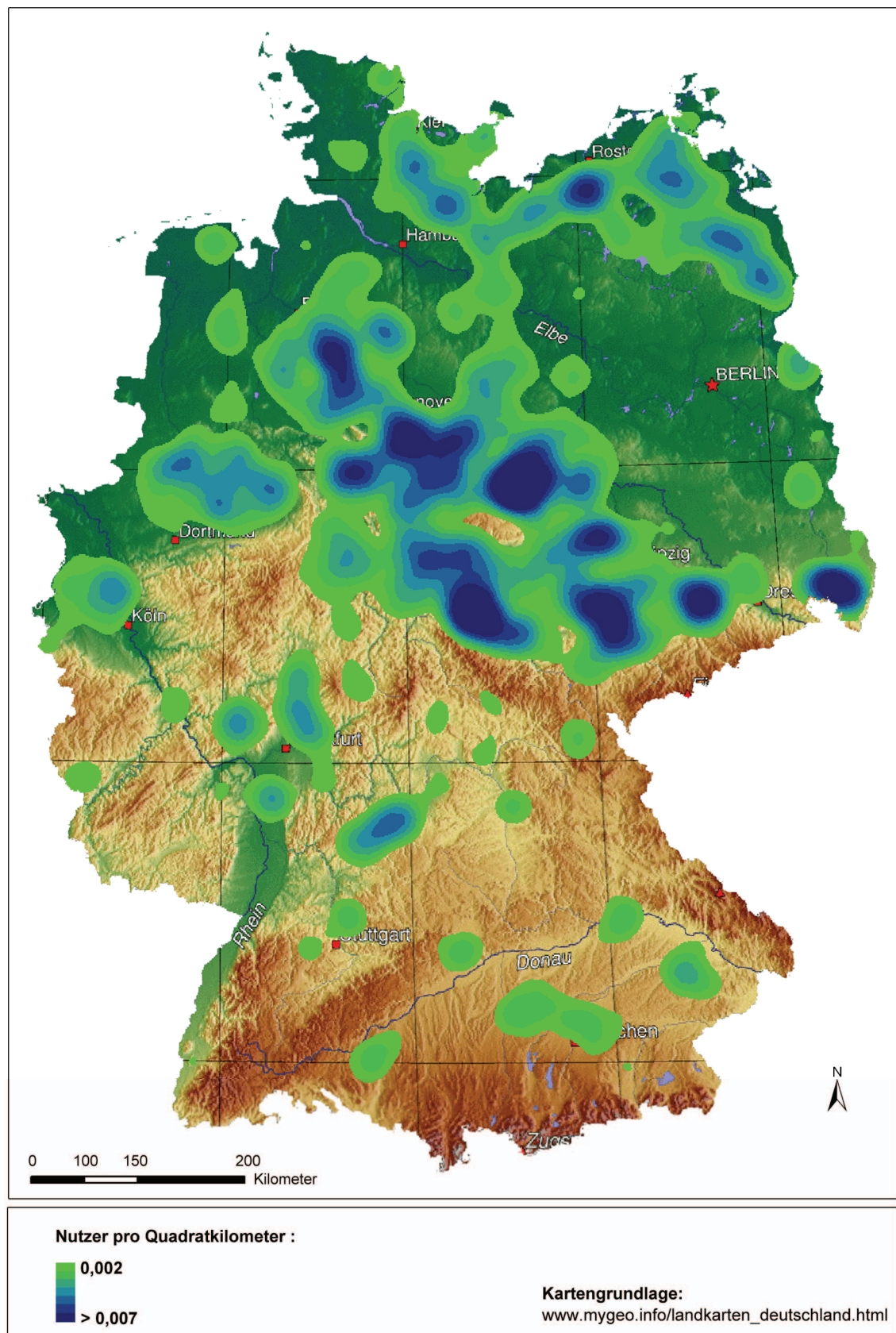


Abbildung 6.38: Gebiete mit hoher Verbreitungsdichte von Precision Farming vor dem Hintergrund der topographischen Karte von Deutschland

6.1.4 Akzeptanzhemmnisse und Vorbehalte gegenüber Precision Farming

Im folgenden Abschnitt wird auf die bestehenden Akzeptanzhemmnisse und Vorbehalte gegenüber Precision Farming bei den verschiedenen Interviewgruppen eingegangen. Die Landwirte in den Interviewgruppen C (informierte Nichtnutzer) und D (potentielle Nutzer) wurden in den quantitativen Untersuchungen nach Gründen für die bisher geringe Nutzung von Precision Farming Technologien gefragt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.39 nach Interviewgruppen getrennt aufgeführt, wobei nur die wichtigsten Antworten in der Abbildung berücksichtigt wurden. Für beide Interviewgruppen stellen die hohen Investitionskosten, die mit der Einführung von Precision Farming verbunden sind, den Haupthemmnisfaktor dar. Eine weitere Ursache, die insbesondere von den Landwirten in Interviewgruppe C (informierte Nichtnutzer) angeführt wird, sind die kleinen Flächengrößen, bei denen ein Einsatz von Precision Farming nicht rentabel ist. Im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum haben 37 % der Landwirte in Interviewgruppe C (informierte Nichtnutzer) dies als Grund für die bestehenden Akzeptanzhemmnisse angeführt. Bei der Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) haben deutlich weniger Landwirte - im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum 21 % - diese Begründung angeführt. Hingegen ist für viele Landwirte in Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) der Nutzen und die Funktionalität von Precision Farming bisher noch zu ungewiss. Daher wollen viele von ihnen mit einer Einführung von Precision Farming lieber noch abwarten, bis sich die Technologie bewährt hat. Im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum lag ihr Anteil bei 22 %. Beweggründe wie die komplizierte Handhabung der Technik, wurden dagegen nur von wenigen Landwirten (in beiden Interviewgruppen unter 10 %) als Ursache für die bestehenden Akzeptanzhemmnisse angeführt (vgl. Abbildung 6.39).

Entsprechend den hohen Investitionskosten, die als wesentlicher Ursache für die bestehenden Akzeptanzhemmnisse gegenüber Precision Farming genannt wurden, ist die Hauptvoraussetzung für eine Einführung von Precision Farming Technologien die Senkung der Anschaffungskosten. In beiden Interviewgruppen hat über die Hälfte der befragten Landwirte dies als Voraussetzung für eine Einführung angeführt (vgl. Abbildung 6.40).

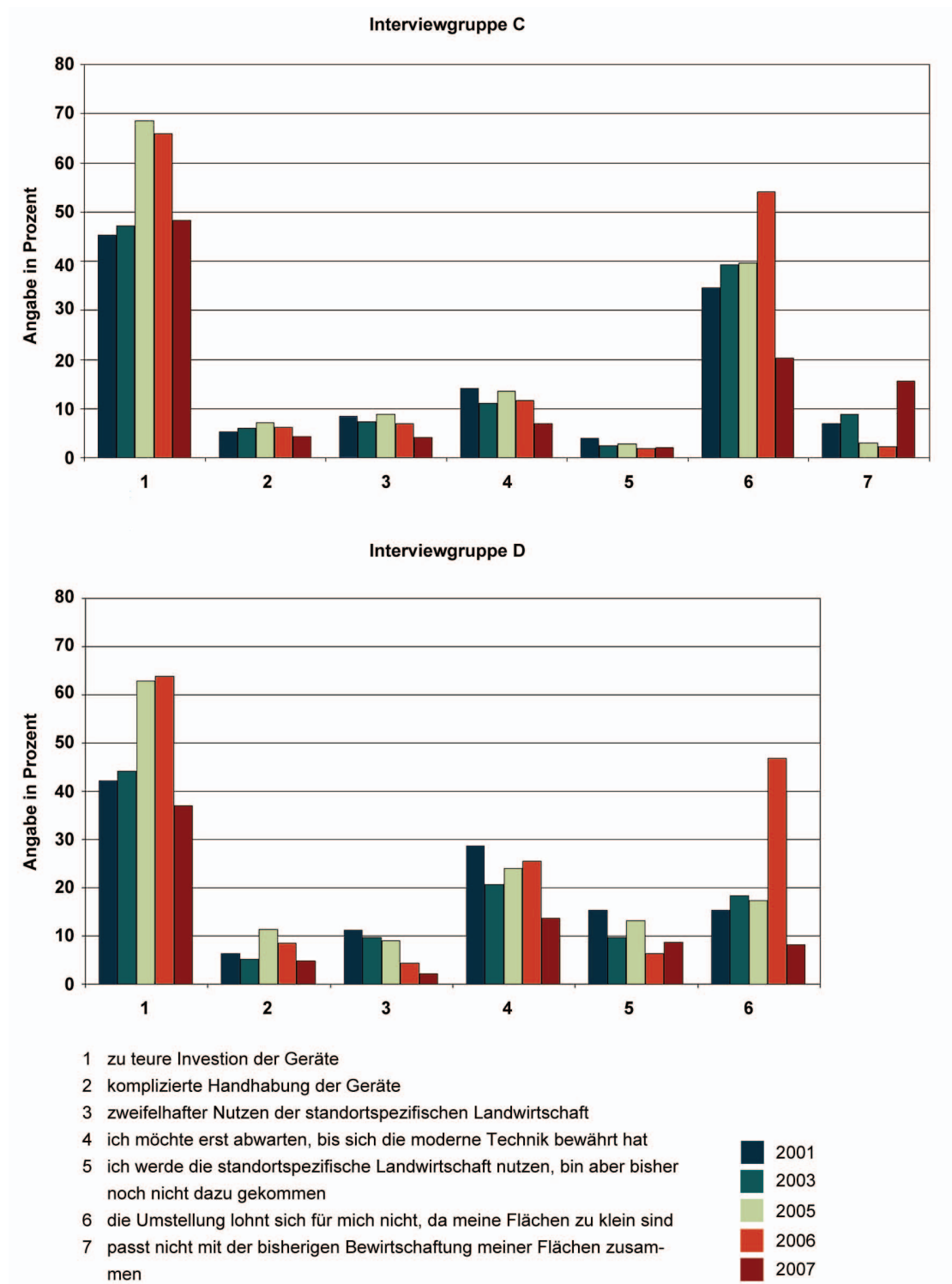


Abbildung 6.39: Akzeptanzhemmnisse gegenüber Precision Farming bei den Interviewgruppen C (informierte Nichtnutzer) und D (potentielle Nutzer)

Daneben wünschen sich rund 20 % der Landwirte in beiden Interviewgruppen eine finanzielle Unterstützung während der Einstiegsphase und genauere Aussagen zur Rentabilität der Technik (vgl. Abbildung 6.40). Weitere Voraussetzungen, die insbesondere von einem Teil der Interviewgruppe D (potentielle

Nutzer) angeführt wurden, sind die Sicherstellung der Funktionssicherheit von EDV und Landtechnik (vgl. Abbildung 6.40).

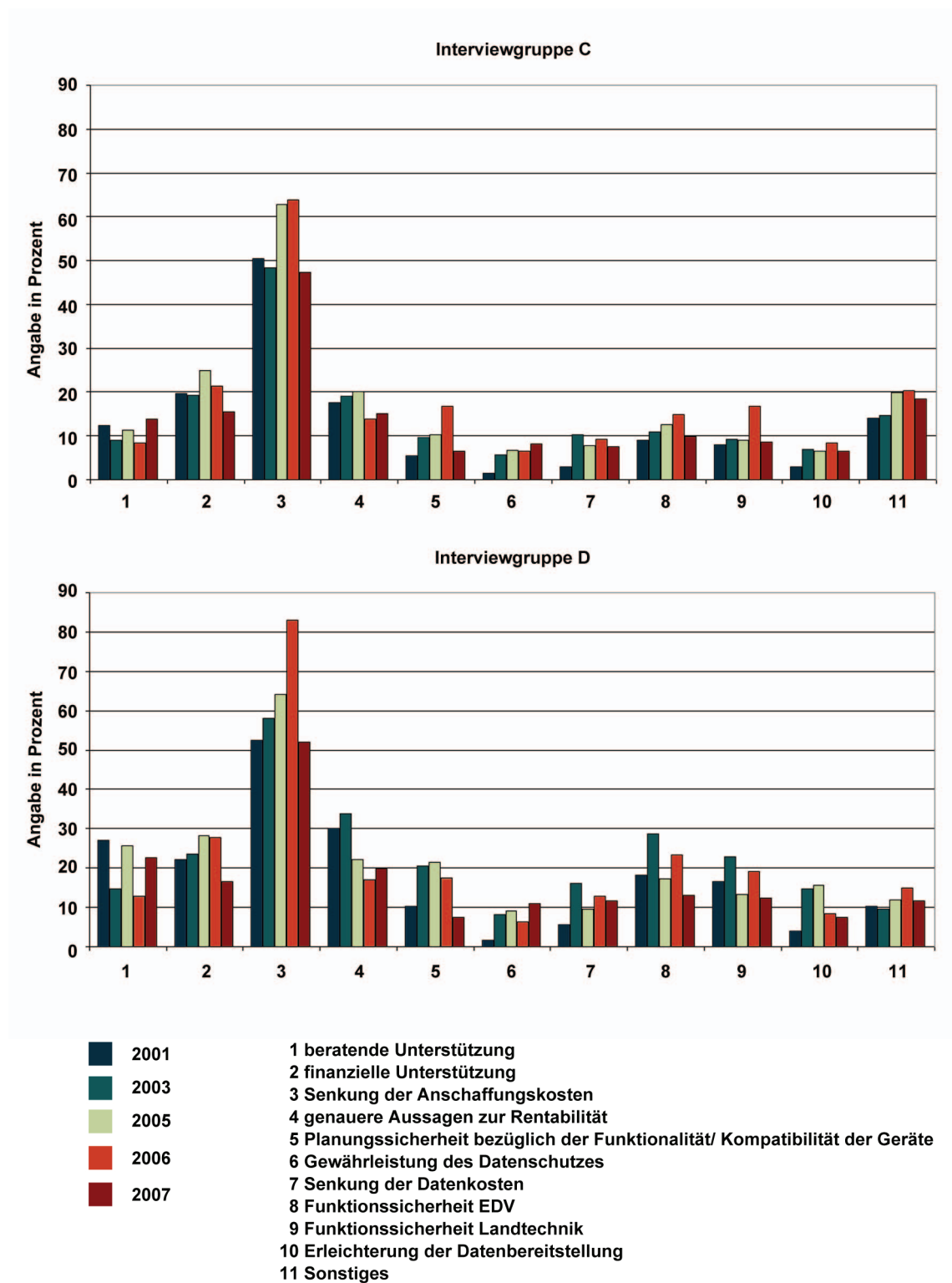


Abbildung 6.40: Voraussetzungen für die Einführung von Precision Farming, wichtigste Antworten der Interviewgruppen C (informierte Nichtnutzer) und D (potentielle Nutzer)

Die Landwirte der Interviewgruppe F (Nutzer) haben ebenfalls Vorbehalte gegenüber einzelnen Precision Farming Methoden. Häufig basieren die existierenden Akzeptanzhemmnisse der Interviewgruppe F (Nutzer) auf schlechten Erfahrungen und Problemen im Umgang mit den bereits eingeführten Technologien. Diese Faktoren werden im nächsten Abschnitt im Zusammenhang mit den auftretenden Problemen näher erläutert.

Unabhängig von den schlechten Erfahrungen mit der Technik, liegen bei einem Teil der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer), die bisher ausschließlich Daten erfassende Methoden nutzen, Akzeptanzhemmnisse gegenüber den VR Technologien vor. Daher wurden diese Landwirte in den Untersuchungen 2005, 2006 und 2007 nach den Voraussetzungen für eine Einführung von VR Technologien gefragt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.41 aufgeführt.

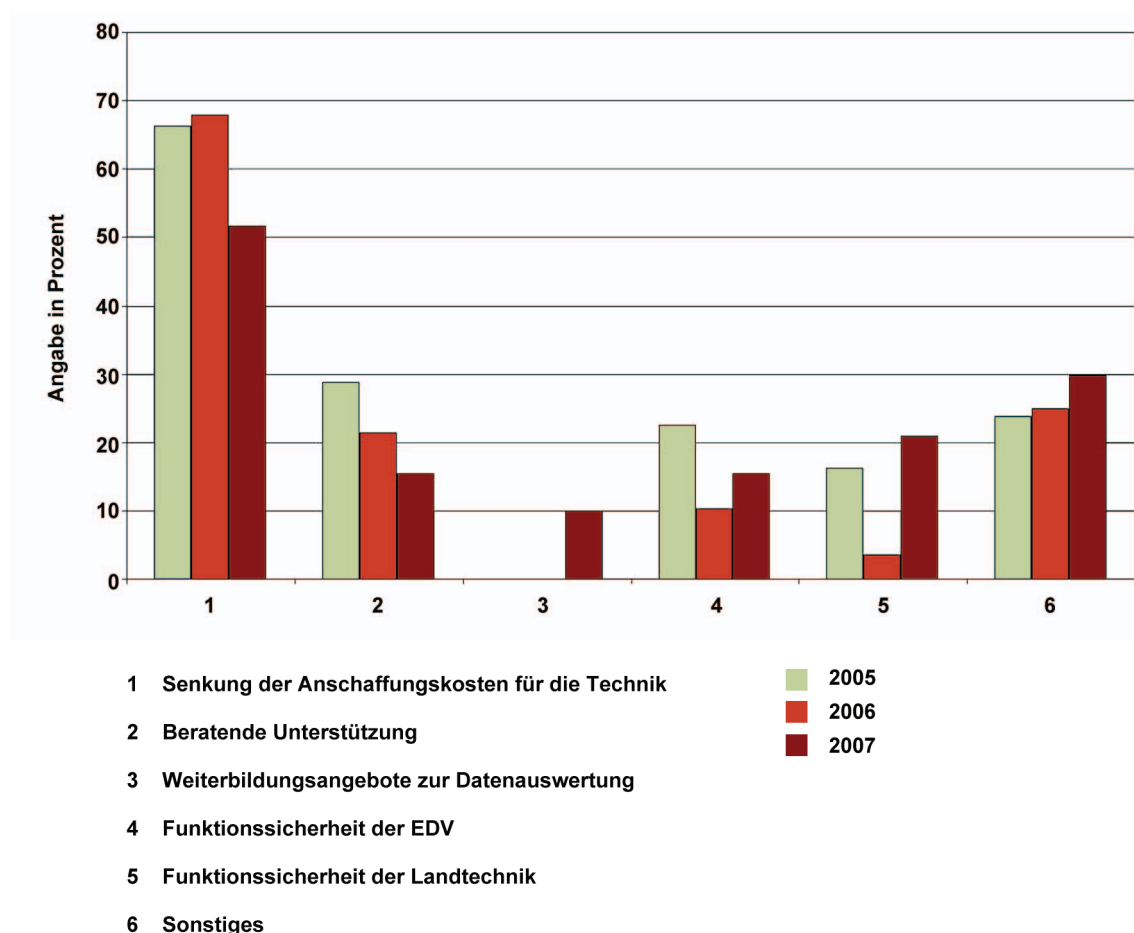


Abbildung 6.41: Voraussetzungen für die Einführung von VR Technologien, Antworten der Interviewgruppe F (Nutzer)

Ähnlich wie in den Interviewgruppen C (informierte Nichtnutzer) und D (potentielle Nutzer) deuten die Ergebnisse an, dass die hohen Investitionskosten, die bei einer Einführung von VR Technologien anfallen, viele Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) bisher von einer Nutzung der VR Technologien abgehalten haben. So zeigt sich bei der Frage nach den Voraussetzungen für eine zukünftige Nutzung, dass die Mehrheit der Landwirte sich eine Senkung der Anschaffungskosten wünschen. In allen drei Umfragen haben über 50 % der Landwirte diesen Faktor als Voraussetzung für eine Einführung von VR Technologien angeführt (vgl. Abbildung 6.41). Darüber hinaus wünscht sich ein Teil der Landwirte eine beratende Unterstützung (im Mittel über den Untersuchungszeitraum 22 %) sowie die Gewährleistung der Funktionssicherheit von Landtechnik (im Mittel 13 %) und EDV (im Mittel 16%) (vgl. Abbildung 6.41).

6.1.5 Praxisprobleme beim Einsatz von Precision Farming

Die Umstellung auf neue Produktionsmethoden ist in der Landwirtschaft häufig mit Problemen verbunden, da bestehende Produktionsabläufe, die auf den Wachstumszyklus der Pflanzen abgestimmt sind, unterbrochen werden müssen. Welche Probleme bei der Einführung von Precision Farming auftreten, soll im Folgenden anhand der Ergebnisse aus den quantitativen und qualitativen Untersuchungen aufgezeigt werden. Dabei werden zunächst die Ergebnisse aus den quantitativen Erhebungen vorgestellt.

Wie Tabelle 6.17 zeigt, stellt das Hauptproblem bei der Nutzung von Precision Farming für den Großteil der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) der hohe Zeitaufwand dar (im Mittel 36 % der Landwirte in Interviewgruppe F). Dieser ergibt sich insbesondere während der Einstiegsphase für die Landwirte, da sie sich mit der neuen Technologie erst vertraut machen müssen. Ein weiteres Praxisproblem resultiert aus der mangelnden Kompatibilität zwischen den Geräten verschiedener Hersteller (im Mittel 22 % der Landwirte). Darüber hinaus wird von vielen Landwirten die Unzuverlässigkeit der EDV-Ausrüstung (im Mittel 14 %) als weiterer Kritikpunkt angeführt. Nur wenige Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) führten die vorhandenen Praxisprobleme auf einen schlechten Service durch den Anbieter (im Mittel 6 %) oder eine mangelnde Beratung (im Mittel 7 %) zurück. Ein Teil der interviewten Landwirte (in den Untersuchun-

gen 2006 und 2007 jeweils 24%) hatte gar keine Probleme mit der Technik (vgl. Tabelle 6.17).

Tabelle 6.17: Praxisprobleme beim Umgang mit Precision Farming, Angabe in Prozent

	2001	2003	2005	2006	2007
hoher Zeitaufwand	26	44	44	26	41
schlechte Beschreibung der Geräte	9	10	12	4	8
schlechte Beschreibung der Software	6	7	10	10	11
Unzuverlässigkeit der EDV Ausrüstung	17	18	14	8	16
Unzuverlässigkeit der entsprechenden Landtechnik	10	6	6	6	8
mangelnde Kompatibilität der Technik	17	23	25	28	20
schlechter Service des Anbieters	6	6	4	8	10
es fehlen EDV Geräte	4	12	8	8	5
es fehlt die passende Landtechnik	4	8	8	6	3
vorhandene Geräte lassen sich nicht umrüsten	9	8	6	6	9
fehlende Beratung	10	8	5	6	7
sonstiges	12	14	15	12	7
keine	0	0	0	24	24

Ein entscheidender Faktor für einen problemlosen Umgang mit der Technik ist dessen Bedienungsfreundlichkeit. Daher wurden die Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) gefragt, wie sie die Bedienbarkeit der Computertechnik und der Landtechnik einstufen. Aus den Ergebnissen in Abbildung 6.42 geht hervor, dass im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum die Landwirte die Bedienungsfreundlichkeit der Landtechnik besser einstufen als die der Computertechnik. Der Großteil der Landwirte – im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum 47 % - bewertet die Handhabung der Computertechnik als *mittel*. Der Anteil jener, die die Handhabung der Computertechnik als *schlecht* einstufen, schwankt über den gesamten Untersuchungszeitraum zwischen 3,1 % (2001) und 23,9 % (2006). In etwa ein Drittel der Befragten empfindet die Handhabung der Computertechnik als *einfach*. Hingegen wird die Bedienungsfreundlichkeit der Landtechnik von 49 % der Landwirte der Interviewgruppe F als *einfach* bewertet, nur 10 % beurteilen die Handhabung als *schwierig*.

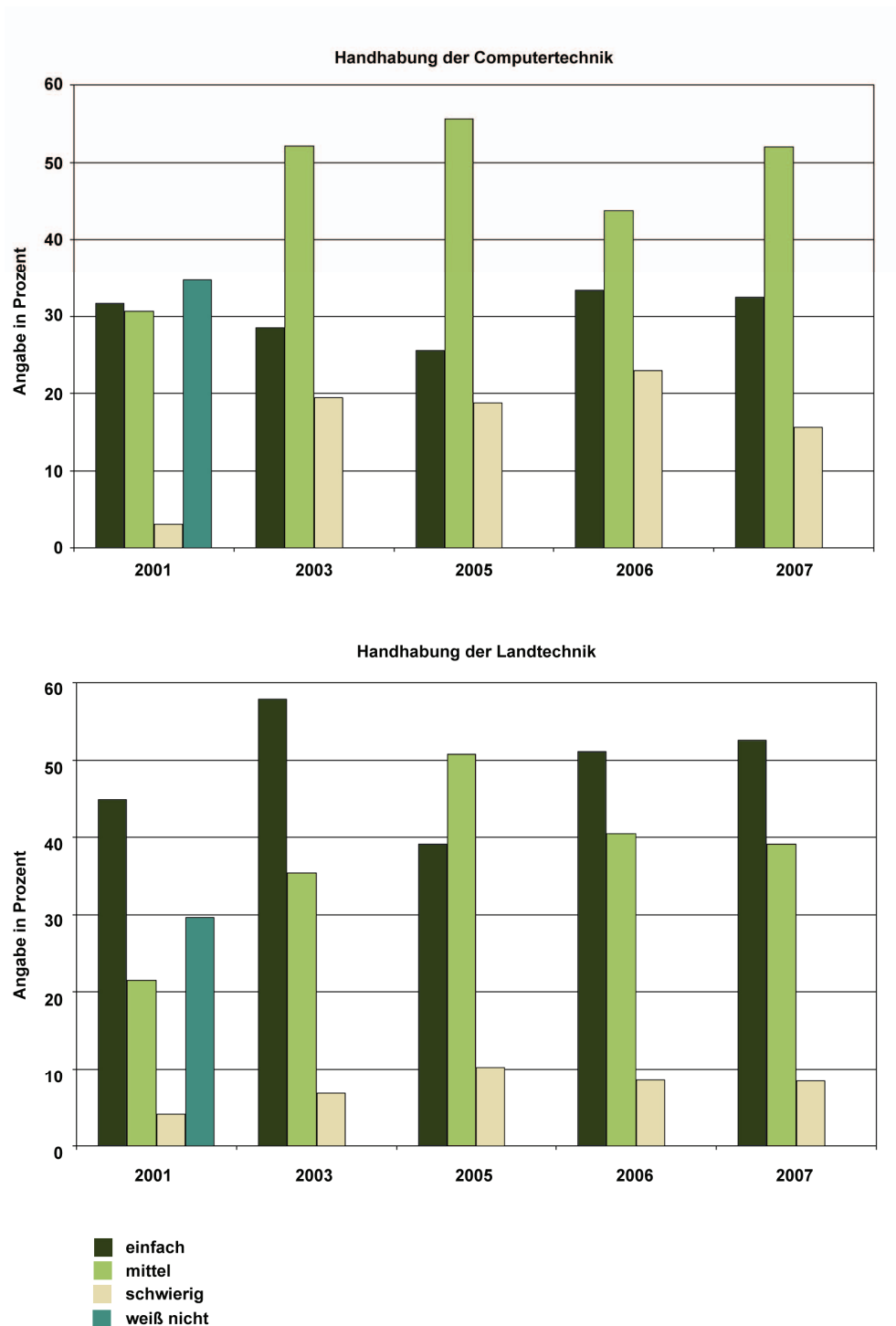


Abbildung 6.42: Bewertung der Computer- und Landtechnik durch die Interviewgruppe F

Probleme beim Umgang mit einer Technologie treten insbesondere während der Anfangsphase auf. Daher wurde überprüft, inwieweit die Nutzungsdauer Einfluss auf die Einstufung der Bedienungsfreundlichkeit nimmt. Ein signifikanter, positiver Zusammenhang zwischen beiden Untersuchungsvariablen konnte anhand der Untersuchungsergebnisse nicht nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 6.18 und 6.19).

Tabelle 6.18: Zusammenhang zwischen Nutzungsdauer und Bewertung der Bedienungs-freundlichkeit der Computertechnik

Jahr	χ^2-Wert	Sig.	C
2001	19,627	,545	,410
2003	14,809	,675	,306
2005	25,645	,267	,406
2006	25,846	,171	,592
2007	26,578	,432	,388

Tabelle 6.19: Zusammenhang zwischen Nutzungsdauer und Bewertung der Bedienungs-freundlichkeit der Landtechnik

Jahr	χ^2-Wert	Sig.	C
2001	22,163	,390	,363
2003	22,408	,259	,310
2005	29,224	,139	,349
2006	16,027	,715	,437
2007	19,266	,825	,252

Precision Farming ist ein Systemansatz, bei dem Bewirtschaftungsentscheidungen auf der Grundlage einer großen Datenmenge getroffen werden. In diesem Zusammenhang ist die richtige Datenauswertung und Interpretation entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung der teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen. Daher könnte eine der möglichen Ursachen für die bis dato geringe Verbreitung von VR Technologien auf Probleme bei der Datenauswertung und Interpretation zurückgeführt werden. Die Untersuchungsergebnisse unterstützen diese Vermutung dahingehend, dass ein Großteil der interviewten Landwirte (in allen Umfragen über 50 %) die Datenauswertung und Interpretation eigenständig durchführt und nur wenige Landwirte die Daten durch einen Dienstleister oder Maschinenring haben auswerten lassen (vgl. Abbildung 6.43). Auf die Frage wie die Landwirte die Datenauswertung im GIS vom Schwierigkeitsgrad her empfinden, stufen nur wenige Landwirte (3,4 %) diese als *schwierig* ein. Der Großteil (48,3 %) empfindet die GIS Auswertung der Daten vom Schwierigkeitsgrad her als *mittel* bis *einfach* (46,1 %).

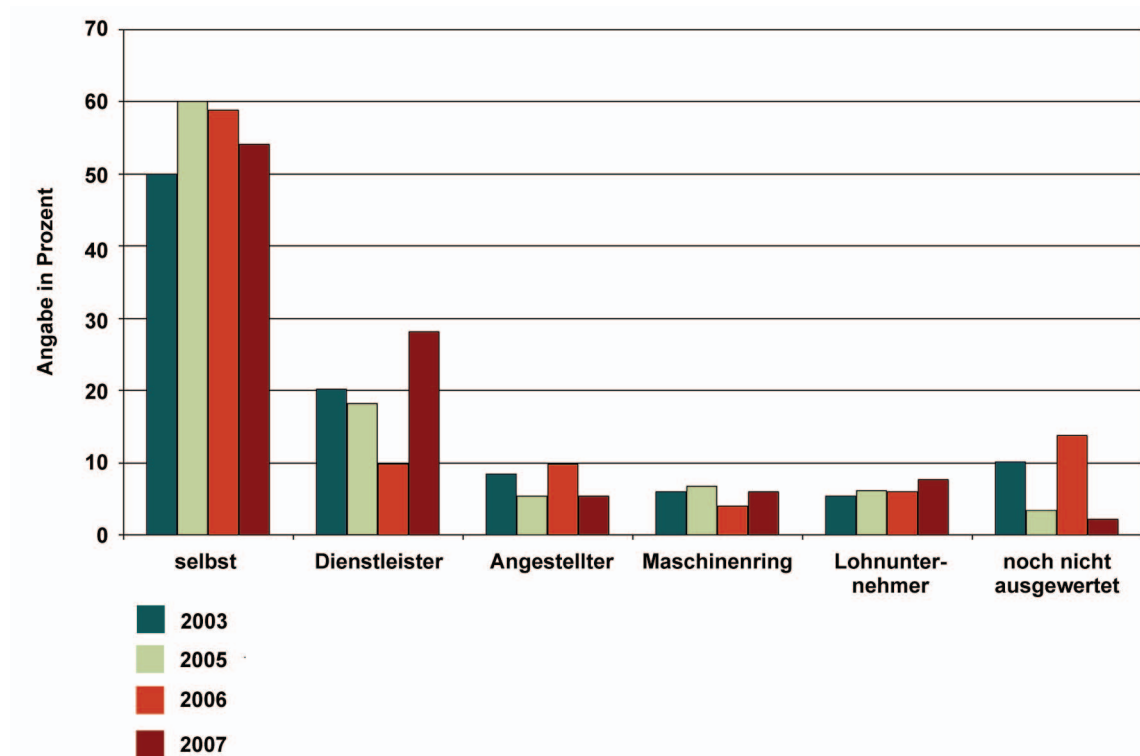


Abbildung 6.43: Durchführung der Datenauswertung

Die Ergebnisse aus den Experteninterviews zeigen ähnliche Tendenzen wie die Ergebnisse in den quantitativen Untersuchungen, jedoch verteilen sich die Problemschwerpunkte anders. Die Hauptproblemfelder, die von einer Vielzahl der interviewten Experten benannt wurden, waren die mangelnde Kompatibilität, Probleme bei der Datenauswertung sowie Probleme beim Umgang mit der Technik. Die Kompatibilitätsproblematik betrifft die Kommunikation zwischen verschiedenen Hardwarekomponenten, die Kommunikation zwischen Hardware und Software als auch den Datentransfer zwischen verschiedenen Softwareprodukten. Über die Hälfte der interviewten Experten (16 von 29) hatte bzw. hat in irgendeiner Form mit diesen Problemen zu kämpfen. Der Teil der Experten, bei dem keinerlei Kompatibilitätsprobleme aufgetreten sind, hat von vornherein darauf geachtet die einzelnen Hardware- und Softwarekomponenten aufeinander abzustimmen.

„[...] da haben wir schon vor 10 Jahren drüber geredet und es ist eigentlich nicht viel passiert [...] Ich denke mal, dass sich die Software nicht untereinander verträgt. Die Softwarehersteller mit Maschinen-

hersteller, ja und da gibt es ja die leidlichen Probleme bei *Cobera*, das wird bei *Agrocom* nicht ganz so krass sein. Aber ein Programm wechselt man halt nicht so schnell [...]“ (Landwirt 19 aus Brandenburg)

„[...] letztendlich ist das Problem einfach die fehlende Kompatibilität. Das ist nun mal ein Hauptproblem. Zum Beispiel haben wir jetzt eine neue Maisdrille gekauft, mit sämtlichen elektronischen Steuerungen. Es ist aber nicht möglich, die jetzt mit einem GPS-System, was ich jetzt hier habe, von *John Deere*, mit dem System irgendwie zu verbinden. Diesen *StarField*-Empfänger beispielsweise, der ja eigentlich das Teuerste da dran ist, einzusetzen. Das funktioniert wieder alles nicht. Es könnte gehen, aber man weiß es nicht. Also letztendlich auf diese Pionierarbeiten hab ich dann auch keine Lust, also fahren wir jetzt wieder konventionell, d.h. wir haben eine normale manuelle Saatmengenverstellung während der Fahrt, dass ich plus minus drücken kann, so was, das funktioniert alles. Also wenn letztendlich der Hersteller nicht sagen kann, dass es geht, dann kann man es vergessen [...]“ (Landwirt 15 auf Sachsen-Anhalt)

„[...] Dass die Technik miteinander nicht kommuniziert hat. Dass immer wieder irgendwelche Probleme auftauchten, ob mit dem GPS, ob mit dem N-Sensor, mit dem Terminal oder in Zusammenarbeit mit dem Terminal. Von der Spritze, oder vom Festdüngestreuer [...]“ (Landwirt 12 aus Thüringen)

Der Großteil der Experten begegnet diesem Problem, indem sie entweder ausschließlich passende Technik und passende Software kaufen oder sich entsprechende Schnittstellen, die eine Kommunikation zwischen den verschiedenen Technikkomponenten ermöglichen, programmieren lassen.

„[...] ISO ist ja so ein großer Begriff, dass eben mehrere zusammen kommunizieren sollen, aber das ist oft Wunschdenken. Wir arbeiten hier komplett nur mit eigenen Schnittstellen, so dass einfach über Schnittstelle diese Technik läuft [...]“ (Landwirt 2 aus Sachsen-Anhalt)

„ [...] Was man unterschätzt, ist dieses Kompatibilitätsproblem. Dieses gegenseitige Verstehen der verschiedenen Systeme und so. Wir

haben ja jetzt Glück gehabt, weil wir das von einem Hersteller gekauft haben. War auch ein Grund eigentlich, dass wir gesagt haben, wenn wir das von *Agricon* machen, dann müssen wir auch das Parallelfahrssystem von *Agricon* nehmen [...]“ (Landwirt 8 aus Niedersachsen)

„[...] das passt ja jetzt, weil ich komplett die Ackerschlagkartei und die passende Technik dazu habe, das ist gut! Das war ja auch ein Grund mit umzustellen von dazu mal *Agrocom* auf *Agrocad*, dass das wenigstens soweit funktioniert [...]“ (Landwirt 18 aus Sachsen)

„ [...] da haben wir enorme Schwierigkeiten, weil wir momentan noch mit zwei Systemen arbeiten. Auf einem Betrieb sitzen zwei verschiedene Mähdrescherhersteller und das lässt sich doch nicht so ganz einfach übertragen, wir stellen alles auf *John Deere* um [...]“ (Landwirt 4 aus Sachsen-Anhalt)

Der ISOBUS, dessen Entwicklung ursprünglich das Ziel hatte, eine reibungslose Kommunikation zwischen den verschiedenen Technikkomponenten zu gewährleisten, wurde ebenfalls von einigen Experten genutzt. Die Interviewergebnisse haben jedoch gezeigt, dass dieses System bisher nicht richtig funktioniert und es der Industrie nicht gelungen ist, sich auf einen einheitlichen Standard zu verständigen.

„[...] Jetzt sind wir grad dabei, uns 'ne neue Spritze anzuschaffen. Über ein Bus-System, soll ja eigentlich gehen. Ich war 93 auf der Agritechnica, in Frankfurt war das noch. Da sagte damals der Professor da aus Hohenheim, der ist der Vorreiter in der Technik, der sagt, das Bussystem, es wird noch drei bis vier Jahren dauern, dann haben wir das. Bis heute noch nicht. Dann kamen die Hersteller, die hatten ihr eigenes System [...]“ (Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern)

„[...] das können Sie ja wohl vergessen. Das geht ja hinten und vorne nicht. Ich habe einen *John Deere* Traktor gekauft, der *6020 Autopower* und habe mir dazu den *Rauch Axera H Streuer* gekauft, beide auf der Agritechnica als isobusfähig angepriesen. Alles klar, kein Thema: Eingebaut, zusammengestöpselt - nichts funktioniert! Dann mussten wir noch den *Rauch* eigenen Kabelsatz kaufen, jetzt habe

ich an meinem *John Deere* Traktor zwei deutsche ISOBUS- Steckdosen dran [...]“ (Landwirt 3 aus Sachsen-Anhalt)

Daher warten viele Landwirte, die sich bei der Zusammenstellung ihrer Landtechnik und Software nicht von Kompatibilitätsfragen abhängig machen wollen, mit der Einführung weiterer Precision Farming Methoden oder haben Precision Farming wieder ganz aufgegeben.

„[...] Also letztendlich auf diese Pionierarbeiten hab ich dann auch keine Lust, also fahren wir jetzt wieder konventionell, d.h. wir haben eine normale manuelle Saatmengenverstellung während der Fahrt, dass ich plus minus drücken kann, das funktioniert alles. Aber dass ich jetzt Applikationskarten vorgebe, Saatkarten vorgeben, die ich dann irgendwo am PC erstelle, da konnte mir also keiner sagen, dass es wirklich funktioniert. Und das hab ich also hier, die Erfahrung hab ich am Anfang hier gemacht mit dem Mähdrescher, wo wir dann gesagt haben: gut, probieren wir es einfach mal und sehen. Also wenn letztendlich der Hersteller nicht sagen kann, dass es geht, dann kann man es vergessen [...]“ (Landwirt 15 aus Sachsen-Anhalt)

Neben den Kompatibilitätsproblemen bei der Landtechnik, bereitet der Datentransfer zwischen verschiedenen Softwareprogrammen aufgrund unterschiedlicher Datenformate vielen Landwirten ein Problem. Ein Teil der Nutzer wertet daher die gesammelten Daten erst gar nicht aus oder lässt die Analyse von Softwarefirmen erledigen.

„[...] und das ist ja unser nächstes Problem. Wir haben Software von *Yara*, wir haben Software von *John Deere*, wir haben Software von *Claas*, und dann haben wir noch eine Ackerschlagkartei, die *Claas*-orientiert ist. Da passen aber die *John Deere* Daten nicht rein. Wir werten die Daten also gar nicht aus. Wir nutzen die Ackerschlagkartei zur Dokumentation und zur Planung, damit wir dokumentieren: Was machen wir da eigentlich? [...] Wir nutzen den *Yara N-Sensor* zur Applikation. Kriegen da auch schöne bunte Karten. Interessiert eigentlich keinen mehr, wenn man die Karten 20mal gesehen hat, dass da mal mehr und mal weniger ist [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

„[...] Genau. *Agrocom* Die kriegen von uns die Grunddaten, die Flächen, die Hektar dazu und die Früchte, die werden in einem Programm eingegeben. Und dann werden zum Ende der Ernte ausgewertet und wir kriegen die fertigen Karten [...]“ (Landwirt 5 aus Sachsen-Anhalt)

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Datentransformation in einem zwischengeschalteten Arbeitsschritt, mit einer eigens dafür angeschafften Software zu erledigen. Diese Vorgehensweise ist jedoch sehr aufwendig und umständlich und wurde in den Expertengesprächen nur von wenigen Experten (2 von 29) angewendet.

„[...] Wir haben nur ein Programm mit dem wir die ganzen Karten so zu sagen verwalten, wo wir dann Applikationskarten erstellen können. Entscheidend ist, dass die Rohdaten, egal wo sie herkommen, in dieses eine Programm auch verhältnismäßig einfach reinkommen. Und das geht ja nur über die Shape-Dateien, da kommt man eigentlich nur dahin. Aber sie müssen ja erst mal dahin verarbeitet werden. Das ist zum Beispiel bei *John Deere* so, dass das nicht ohne weiteres geht. Da ist dann immer schon wieder ein Zwischenprogramm für nötig, worüber man dann was exportieren kann und dann wieder was importieren kann [...]“ (Landwirt 2 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] wir nutzen heute noch zwei oder drei GIS-Systeme. Wir haben damals vier verschiedene GIS-Systeme genutzt [...]“ (Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern)

Entgegen den Ergebnissen bei den quantitativen Untersuchungen bereitet vielen Experten die Datenauswertung und Dateninterpretation Schwierigkeiten. Neben der Aufbereitung und Verschneidung der Daten im GIS, haben 12 von 29 Experten insbesondere Probleme, die gewonnenen Ergebnisse zu interpretieren, um auf Grundlage der Daten die richtigen Bewirtschaftungsentscheidungen für die Zukunft zu treffen. In dieser Hinsicht fühlen sich viele von der Industrie allein gelassen, da es bisher noch nicht gelungen ist, allgemeingültige Bewertungsschemata für die verschiedenen Flächenparameter aufzustellen bzw. Entscheidungsunterstützungssysteme zu entwickeln.

„[...]das Schwierigere ist, überhaupt erst mal zu interpretieren, was ich brauche? Was ich überhaupt aussäen will? Also im einfachsten

Falle mal gesagt: Ich hab jetzt hier eine schwere Tonkuppe, wo einfach immer weniger wächst, immer schlechterer Feldaufgang. Jetzt gibt's Ansätze, dass man halt sagt: na ja gut, jetzt fahren wir über die Kuppen drüber und geben 20 % mehr. Man kann aber auch sagen, dass die Kuppen einfach nicht das Ertragspotential haben, wie die abgeschwemmten Böden im Tal. Das heißt, man kann also die Aussaatstärke auch reduzieren. Das sind ackerbauliche Fragen, wo es einfach keine [...] da gibt's sicherlich Antworten drauf, aber so vielfältig, dass man da schwerlich dazu kommen kann und sagen: Gut, also das ist jetzt die optimale Applikationskarte. Ob das jetzt Saat ist, oder Pflanzenschutz oder Düngung. Die Frage ist, was mach ich einfach mit den ganzen Daten? [...]“ (Landwirt 15 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Und ich glaube, unser größtes Problem zurzeit ist: Diese vielen bunten Bilder, die wir haben, zusammenzubringen. Und das auszuwerten. Wir werten eigentlich gar nicht aus. Wir gucken uns die Ertragskarten an. Aber legen die nicht auf die Düngerkarten. Legen die auch nicht auf die Bodenprobenkarten. Weil das so komplex ist und letztendlich keiner weiß, was da passiert. Also es gibt keine Software, wo Sie alle Daten rein tun und die druckt Ihnen irgendein Ergebnis aus. Nach dem Motto: Hier musst Du dicker drillen oder [...] ja, was kommt denn nachher eigentlich raus? Was ist das Endergebnis? [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

„[...] Die Datenauswertung, das ist relativ problembehaftet. Also mit der Ertragskartierung, bis man da sagt, man kommt jetzt auf einen Nenner und was man dann damit macht [...] Das ist wahrscheinlich das Nächste, wo man sich einen Dienstleister sucht, der einem bei der Auswertung hilft [...]“ (Landwirt 3 aus Sachsen-Anhalt)

Ein weiterer großer Problembereich betrifft den direkten Umgang mit der Technik. Die Hälfte der interviewten Experten hatte speziell während der Einstiegsphase Schwierigkeiten damit. Bei den meisten Landwirten wurden diese Probleme inzwischen behoben, so dass die Technik fast fehlerfrei läuft. Häufig waren die Probleme auf Empfangsstörungen beim GPS Signal zurückzuführen (bei 13 von 29 Experten), welche die Signalstärke und Genauigkeit betreffen. Speziell die Gruppe von Experten, die schon sehr lange, seit über 10 Jahren,

Precision Farming nutzen, hatte während der Anfangszeit mit erheblichen Unzulänglichkeiten zu kämpfen. Durch die Abschaltung des Störsignals im Mai 2000, hat sich diese Situation deutlich verbessert, so dass Störungen nur noch vereinzelt im Abschattungsbereich von Waldrändern und im Bereich von Strommasten auftreten. Daher sind die meisten Landwirte inzwischen mit der Signalgenauigkeit sehr zufrieden.

Des Weiteren stellt die richtige Kalibrierung der Geräte (Ertragsmessgerät, Stickstoffsensor) für einen Teil der interviewten Landwirte ein Problem dar. Sie empfinden diese als sehr kompliziert und zeitaufwendig, da jeder Ackerschlag und jede Pflanzenart extra kalibriert werden muss. Gleichzeitig sind sich die Landwirte bewusst, dass die Kalibrierung entscheidend Einfluss auf das Ergebnis nimmt. Insbesondere Blackboxsysteme, wie der N-Sensor, bieten, wenn sie einmal kalibriert sind, wenig Spielraum um dort einzugreifen.

„[...]einstellen, kalibrieren, das hält auf, das feststellen und, und, und.

Da stehen Sie jedes Mal mit einer anderen Sorte eine halbe Stunde bis das läuft. Und diese halbe Stunde die fehlt, die fehlt [...]“ (Landwirt 22 aus Niedersachsen)

„[...] Ja Sie müssen ja im Prinzip jeden Schlag irgendwo noch mal neu kalibrieren oder Sie haben irgendwo eine Reihe von Schlägen, wo sie sagen können, okay die nehme ich jetzt als eine Einheit. Ja? So das muss jetzt jemand machen, der das richtig gut vom Handling, vom Feeling her beherrscht, ja? Da müssen Sie sich ihrer Sache sehr sicher sein, wenn die Mitarbeiter da schon 'net so ran wollen und sich da unsicher sind, dann vergeht dann eine gewisse Zeit bis Sie das Verfahren dann irgendwo so richtig praxisreif haben, ja? [...]“

(Landwirt 14 aus Sachsen-Anhalt)

Andere Landwirte hingegen haben keine Probleme mit der Kalibrierung. Auffällig ist bei dieser Gruppe jedoch, dass die meisten von ihnen zu Beginn eine intensive Beratung durch die Firmen bekommen haben und in der Anfangszeit von diesen gut betreut wurden.

„[...] 'ne gute Schulung und auch im ersten Jahr mehrfache Betreuung vor Ort. Also bei den ersten Einsätzen haben wir da immer jemanden dabei gehabt. Und seitdem funktioniert' s eigentlich gut. Es

wird ja zunehmend Routine eigentlich, in Zusammenspiel mit dem N-Tester [...]“ (Landwirt 8 aus Niedersachsen)

„[...]Also die Firma bietet relativ guten Service. Mit Einweisung. Alles gegen cash natürlich [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

„[...] Das, ich sage mal dieses Verfahren (N-Sensor), klappt wunderbar. Also, wir setzen es zurzeit bloß im Weizen ein und wir können von uns aus sagen, dass wir keine Probleme mit der Kalibrierung hatten [...]“ (Landwirt 5 aus Sachsen-Anhalt)

Im Hinblick auf die reine Bedienung der Software - ausgeklammert die bereits oben beschriebene Problematik mit dem Datentransfer und der Dateninterpretation – ist der Großteil (18 von 29 Experten) zufrieden mit der Bedienungsfreundlichkeit der Software. Die Meisten hatten zu Beginn Schwierigkeiten, sich in der komplexen Programmstruktur zurechtzufinden. Dieses Problem konnte jedoch bei dem überwiegenden Teil der Experten durch eine entsprechende Beratung und Schulung von Seiten der Firmen weitestgehend gelöst werden. Daher wird das Service- und Schulungsangebot der Firmen von dieser Gruppe Experten durchweg positiv beurteilt. Dennoch wünscht sich die Mehrheit in naher Zukunft eine Vereinfachung der Programmstruktur.

„[...] Also, ein Unternehmen steht und fällt einfach mit einem guten Service. Ob das bei der großen Maschine ist oder bei den Softwaresystemen. Da, wo guter Service ist, haben die Firmen meiner Ansicht nach auch 'ne Chance, sich wirklich weiter zu entwickeln [...]“ (Landwirt 11 aus NRW)

„[...] Nee, man wurde da eigentlich schon einigermaßen gut betreut und man kann per Handy sehr vielen Fragen nachgehen, wo man dann Fragen schnell aus der Welt schaffen kann. Und erst mal ist das Ganze ja einfach aufgebaut und gut konzipiert. Problem ist dann halt immer die Sachen auszuwerten [...]“ (Landwirt 4 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Also, ich glaube das ist sehr stark vom Naturell abhängig. Ich bin ein Mensch, der ein System ablehnt, was nicht funktioniert über *learning by doing* und *learning by doing* kann natürlich manchmal ziemlich zeitaufwendig sein. Und je schlechter und komplizierter ein System ist, desto länger brauchen Sie dafür und man muss natürlich

auch im Vorfeld wissen, was möchte ich eigentlich mit dem System überhaupt machen? Ich habe mich da jetzt wieder ganz gut eingefummelt in das System, wobei das natürlich immer besser werden kann und das System, was wir jetzt haben von *Agrocom*, ist meine ich schon auf dem richtigen Weg. Sie müssen relativ genau wissen, wie wollen Sie Ihre Auswertung strukturieren, man ist nicht mehr so an starre Listen gebunden, wie früher, diese Liste und sonst keine, sondern man kann das System schon sehr stark variieren [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

„[...] Die ist von der Firma *Agris*, ich bin da drauf gekommen, weil ich die Waage daher habe. Das ist ein ganz dolles Unternehmen, muss ich sagen und es gibt auch eine deutsche Tochter *Agroprojekt* heißt die, glaube ich und die sind also [...] was mir dabei gefällt, das sind einfach noch Leute, wo ich mit dem Programmierer direkt sprechen kann, das geht mir bei dieser Waagen-Software ganz genauso und da spreche ich mit dem Programmierer und sage: Mensch, ich hätte aber gerne das oder mach das so und das ist bei dem Thema eine ganz wichtige Geschichte, also finde ich. Das hält den Kontakt, das war früher bei *Klöpper und Wiege* genauso, aber mittlerweile bei *Agrocom* ist das völlig untergegangen, [...]“ (Landwirt 23 aus Niedersachsen)

Ein kleiner Teil der Experten (6 von 29) ist sehr unzufrieden mit der Bedienungsfreundlichkeit der Software. Viele beklagen sich über den komplizierten Programmaufbau und die unübersichtliche Menüführung. Auffällig ist in diesem Zusammenhang auch die durchweg schlechte Bewertung des Kundenservice.

„[...] Bei *New Holland* war's eine Katastrophe. Da gab es ein amerikanisches Softwarehaus, *Red Hand* hießen die. Die haben die Software zur Verfügung gestellt, und *New Holland* hat mit denen gar nichts zu tun gehabt. Das heißt, *New Holland* hat einen Drescher geliefert mit der ganzen Hardware und dann haben die irgendwo die Software geliefert. Die Freischaltung ging über USA. Also du musstest in den USA anrufen, um das frei schalten zu lassen. Und *New Holland* hat da überhaupt kein Interesse gehabt, auch nur einmal ein bisschen was zu vermitteln. Da hat der Vertreter immer gesagt: Du,

also mit dem in Deutschland haben wir nichts zu tun. Das ist alles abgegeben, musst Dich selber drum kümmern. Also, das war ein relativ aufwändiges System. Dann war das mehr oder weniger ein Malprogramm wie im Kindergarten, also d.h. ich hab die Daten vom Mähdrescher rüber bekommen, hab' dann 'ne Karte mir ausdrucken lassen, wo irgendwo ein paar, ja gut, bunte Inseln drin waren. Und das war's eigentlich. Also da war's schon schwierig, einen Schlagnamen zu dem Ganzen mit einzugeben oder was weiß ich, was auszu messen oder mal irgendwie simpelste GIS -Anwendungen. Also da war im Prinzip, da war null. Überhaupt nichts. Also tote Hose. Das war meiner Meinung nach der absolute Worst Case für *New Holland*. Das haben die dann 3 Jahre gemacht [...]" (Landwirt 15 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Also ich sag mal die Auswertung für mich betriebswirtschaftlicher Art, die sind viel zu kompliziert. Ich sag jetzt mal, das geht viel einfacher. Das liegt aber möglicherweise auch daran, dass ich natürlich einen relativ einfach gestrickten Betrieb habe. Und viele Dinge vielleicht einfacher sind. Jeder hat ja seine eigenen Spezifitäten, was Auswertung betrifft und wie er es handhaben will. Ich bin ein Freund von ganz einfach, ganz wenig. Aber die wenigen Informationen, die ich haben will, sind möglicherweise vielfach von anderen nicht gewünscht. Insofern ist jetzt so eine Entwicklung von einem Programm natürlich immer schwierig [...]" (Landwirt 16 aus Niedersachsen)

Insbesondere im Hinblick auf die Handhabung der Landtechnik und Computertechnik zeigen die Ergebnisse aus den Expertengesprächen sehr deutlich die Bedeutung einer guten Beratung und Betreuung, die jedoch, wie gezeigt werden konnte, überwiegend bei den Firmen gegeben ist.

Ein weiterer Aspekt bei der Softwarenutzung, der von einem Teil der Experten (5 von 29) als nachteilig empfunden wird, sind die ständigen Softwareupdates. Mit jedem Softwareupdate werden die Programme umgestellt und es kommen neue Tools hinzu, daher ist mit jedem Update ein gewisser Zeitaufwand verbunden sich im Programm zurechtzufinden. Die Erfahrungen zeigen zudem, dass das System nach einem solchen Update häufig zunächst recht instabil

läuft und sich Fehler einschleichen, die im Nachhinein mühevoll korrigiert werden müssen.

„[...] Das war vom *Landdata Euro*, da gab's ja dann die Software. Die kamen ständig mit anderen Versionen, ständig mit irgendwelchen Erweiterungen, das gab nur Probleme [...]“ (Landwirt 15 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Das Schlimme ist, wenn Du mit mehreren Programmen arbeitest, die haben dann immer neue Updates und man kann sich dann auch nicht ständig mit den einzelnen Sachen beschäftigen [...]“ (Landwirt 2 aus Sachsen-Anhalt)

Der Einsatz von Precision Farming setzt eine gewisse Qualifizierung sowie ein gewisses Technik- und Computerverständnis bei den Mitarbeitern voraus. Da diese Voraussetzungen bei vielen Angestellten in der Landwirtschaft nicht gegeben sind, war und ist es für viele Betriebe (7 von 29 Experten) oft problematisch Technologien, wie Precision Farming einzuführen. Viele Mitarbeiter sind in der Regel schon älter und haben keine entsprechende Ausbildung. Zudem tun sie sich schwer beim Umgang mit der Computertechnik und sind darüber hinaus auch nicht mehr bereit, diese zu erlernen. Die jungen Landwirte sind hingegen nach Meinung einiger Experten aufgrund ihres oftmals geringen Bildungsniveaus nicht für einen Einsatz im Precision Farming Bereich geeignet. Ein weiteres Manko besteht darin, dass die Ausbildung an den Berufsschulen noch zu wenig auf den Umgang mit computergestützter Landtechnik vorbereitet. Diejenigen Landwirte, die in diesem Bereich eine gute Ausbildung genossen haben, sind jedoch teure Arbeitskräfte und daher für viele Betriebe zu kostspielig.

„[...] Es ist ja so: Wir fahren ja letztendlich gar keinen Schlepper mehr oder Mähdrescher, sondern wir bedienen einen Computer, der diese Maschine dann bedient. Das ist das Problem, und da heißt es ja, die Qualifizierung unseres Personals muss permanent gesteigert und verbessert werden. Und das ist gar nicht mal so einfach. Denn da muss das Personal letztendlich auch zu geeignet sein. Das Personal muss dann irgendwo dementsprechend qualifizierter sein. Und das ist natürlich so 'ne Sache, [...] irgendwo ist da 'ne Verbundenheit mit dem Personal auch da, und das so schnell zu ändern ist dann auch nicht so einfach. Das ist auch so ein Problem bei der ganzen

Geschichte. Es sind bei mir von den fünf Leuten drei Leute, die problemlos damit klarkommen. Und bei den anderen, bei denen muss ich einfach sagen: Das ist eingestellt und so habt Ihr damit zu arbeiten [...]“ (Landwirt 7 aus Mecklenburg-Vorpommern)

„[...] Die Thematik wird in der Berufsschule sicherlich nicht weit genug angesprochen. Es wird, ich sag mal in Ländern, die mehr im Pflanzenbau drin stehen, wird es sicherlich angesprochen, weil da Schlagkartei und so weiter 'ne große Rolle spielt. Aber in manchen Ländern, die eine höhere Veredlung haben und einen höheren [...] ich sag mal in Mecklenburg spielt es nicht die entscheidende Rolle, komischerweise auch in der Berufsschule nicht. Das hat aber so ein bisschen damit zu tun, weil im Prinzip der, ich will das nicht negativ sagen, aber der Bildungsstandard derjenigen, die in die Landwirtschaft gehen, in der Regel wesentlich geringer ist. Das hat damit zu tun. Das ist kein Einzelfall bei uns [...]“ (Landwirt 16 aus Niedersachsen)

„[...] Was anderes. Vom Prinzip her sag ich es Ihnen so wie es ist: Ich brauche keinen mehr, der aus der zehnten Klasse in Mathematik, Physik mit einer vier kommt, eigentlich. Wir haben eben über Dinge gesprochen, was unsere Maschinen zukünftig alles haben sollen. Und wenn ich Ihnen sage, dass jede zweite auch ausgerüstet werden soll, dann brauche ich auch einen, der die Technik bedienen kann. Und nicht, dass ich morgens auf dem Hof erst da die Enter-Tasten drücken muss und dann geht's los, sag ich mal. So einen brauch' ich nicht. Ich brauch' einen Mann, dem ich lieber 2 Euro mehr die Stunde gebe, aber der das Know-how hat. Der das Geld auch wiederbringt. Dem auch bewusst ist, was er da für Technik bedient. Und der auch die Möglichkeiten der Technik ausschöpfen kann [...]“ (Landwirt 1 aus Sachsen-Anhalt)

Der hohe Zeitaufwand, der für den Großteil der Landwirte in den quantitativen Untersuchungen das Hauptproblem beim Einsatz von Precision Farming darstellt, wurde mehrheitlich von den Experten ebenfalls angeführt, jedoch haben nur 3 der 29 Experten den Zeitaufwand als problematisch empfunden. Keiner der Befragten konnte durch den Einsatz von Precision Farming Zeit einsparen.

Im Gegenteil, gerade in der Anfangsphase entsteht durch die Datenerfassung, Datenverschneidung und anschließende Auswertung ein zusätzlicher Zeitaufwand. Dieses Problem wirkt sich gravierender auf die kleineren Betriebe aus, da sie nicht genügend Personal haben und ihnen die Zeit fehlt, sich intensiv mit Precision Farming auseinander zu setzen. In den größeren Betrieben hingegen war es häufig so, dass ein Mitarbeiter ausschließlich für Precision Farming - von der Betreuung der Land- und Computertechnik, über die Datenauswertung und bis hin zur Dateninterpretation - zuständig war.

„[...] Da ist aber Zeitersparnis am Anfang wenig gewesen. Denn, ich sag mal, ich musste die Flächen trotzdem komplett alle abfahren, die Überfahrten waren die gleichen, es war hier im Büro mehr Aufwand. Also Zeitersparnis bringt' s jetzt erst denk' ich, ja? Wenn man, wenn man jetzt die Dokumentation bei der Düngung nimmt, zum Beispiel. Als Nachweis, okay, kann man die Karten schön ausdrucken. Kann sagen: Bitte schön, hier ist 'ne Streukarte dazu, so ist der Schlepper gefahren, das war's. Inzwischen ja [...]“ (Landwirt 1 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Es ist weniger, sag ich mal jetzt, inzwischen der Kostenaufwand, aber es ist ja auch arbeitsmäßig ein ganz schön erheblicher Aufwand, den man da machen muss, um das Ganze vorzubereiten. Das seh' ich noch nicht, dass ich das dann auch irgendwo wiedersehe [...]“ (Landwirt 20 aus Niedersachsen)

„[...] Es ist sehr aufwendig, sagen wir mal so und der Nutzen ist gering. Man muss ja da dann Daten anlegen und alles Mögliche und so weiter [...]“ (Landwirt 19 aus Brandenburg)

Eine Tendenz, die sich bereits in den quantitativen Untersuchungen abgezeichnet hat, konnte in den Expertengesprächen bestätigt werden: der Teil der Experten, der kleinere Betriebe bis zu einer Größe von 200 ha bewirtschaftet, schreckt aufgrund der hohen Investitionskosten davor zurück, weitere Precision Farming Technologien in seinem Betrieb zu übernehmen. Zudem ist der Effekt von Precision Farming bei einer kleineren Betriebsfläche eher gering, da viele ihre Flächen genau kennen und daher diese Technik überflüssig wird.

„[...] Genau, das ist ja einfach noch so: Da, wo der Landwirt noch selber die Arbeit tut, kennt er seine Flächen ja zu 100 %. Dann weiß

ich, wo muss ich mehr, wo muss ich weniger düngen. Da wo Fremd-arbeitskräfte die Arbeit machen, ist das ja viel interessanter [...]“ (Landwirt 26 aus Niedersachsen)

„[...] Nee, das lohnt für mich einfach nicht. Also, wenn dann müsste ich es mit irgendwem anders zusammen machen. Und für mich allein, das kostet ja alles auch Geld. Ob man jetzt z.B. so 'nen N-Sensor hat auf' m Trecker oben, da ist man auch schon 10000 Euro oder mehr los, ne? [...]“ (Landwirt 28 aus Niedersachsen)

Ein weiteres Problem, das zwar nur zwei der interviewten Experten angesprochen haben, das jedoch entscheidend Einfluss auf den Ertrag nimmt, ist der Faktor Niederschlag. Mit dem Niederschlag steht und fällt der Erfolg von Precision Farming. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Düngung, die den größten Teil der Betriebskosten ausmacht. Egal wie gut die Düngung vorbereitet ist und durchgeführt wurde, wenn es nicht regnet, findet auch keine Mineralisation statt und der Dünger kann nicht von der Pflanze aufgenommen werden.

„[...] Die Umverteilung hat den Boden aufgewertet. Ja, Ertragssteigerung ist immer so ein schönes Wort. Und Sie machen alles richtig und dann kommt es so wie in 2003 und es fehlt das Wasser im Juni, Juli. Dann ist alles umsonst gewesen [...]“ (Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern)

6.1.6 Zukünftige Perspektiven von Precision Farming in Deutschland - Voraussetzungen zur Überwindung bestehender Akzeptanzhemmnisse

Welche Perspektiven Precision Farming Technologien zukünftig in Deutschland haben werden und inwieweit sich diese weiter verbreiten, wird maßgeblich beeinflusst durch das Meinungsbild der bisherigen Nutzer. Dabei ist entscheidend, welche positiven und negativen Erfahrungen die Landwirte mit der Technik gemacht haben und inwieweit die ursprüngliche Zielsetzung, die mit der Einführung verbunden war, erreicht werden konnte. Diese Aspekte werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Der Großteil der interviewten Landwirte in den quantitativen Interviews sowie in den Expertengesprächen, beabsichtigt mit der Einführung von Precision Farming in erster Linie Betriebskosten einzusparen und/oder eine Steigerung der Erträge zu erzielen. In beiden Untersuchungen wurden die Landwirte gefragt, wie zufrieden sie mit dem Einsatz von Precision Farming sind und inwieweit sie ihre ursprünglichen Ziele erreichen konnten (vgl. Abbildung 6.44). Die Ergebnisse aus den quantitativen Untersuchungen zeigen, dass in allen Fällen über 60 % der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) *zufrieden* mit der Einführung von Precision Farming sind. Der Anteil der Landwirte die *mittel* zufrieden sind, schwankt zwischen 20 % und 30 %. Nur wenige Landwirte, in allen Untersuchungen unter 5 %, waren *unzufrieden* mit der Einführung von Precision Farming (vgl. Abbildung 6.44). Ein eindeutiges Zeichen für die Zufriedenheit der Landwirte mit der Technik äußert sich darin, dass der Großteil der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) (2005: 77,8 %, 2006: 78,3 %, 2007: 84,8 %) seinen Berufskollegen den Einsatz von Precision Farming Technologien weiterempfehlen würde.

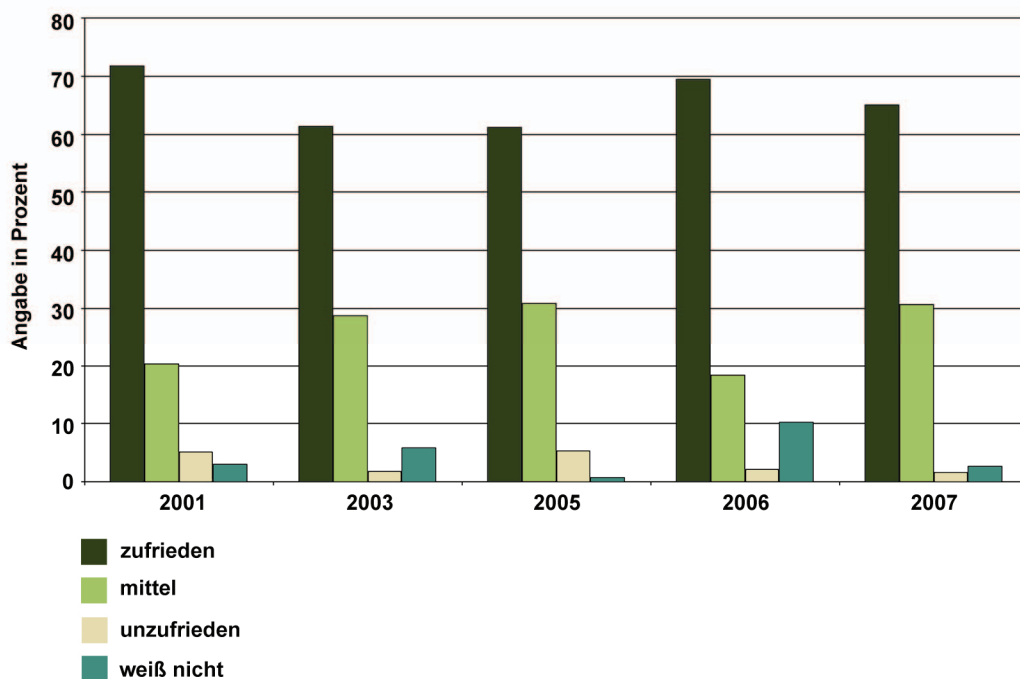


Abbildung 6.44: Zufriedenheit über die Nutzung von Precision Farming, Meinungen der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer)

Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, konnte von der Mehrheit der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) durch den Einsatz von Precision Farming ein finanzieller Vorteil erwirtschaftet werden (vgl. Abbildung 6.45). Es sind jedoch nur wenige Landwirte in der Lage, die Einsparungen genau zu quantifizieren. Auf die Frage nach der Höhe der Einsparungen haben nur wenige Landwirte (mit Ausnahme von 2001, in allen Umfragen unter 20 %) geantwortet. Zudem variieren die von den Landwirten gemachten Angaben in weiten Bereichen zwischen 0 und 1000 €/ha. Abbildung 6.46 gibt einen Überblick, wie viel Euro pro Hektar die Landwirte durch den Einsatz von Precision Farming einsparen konnten. In den meisten Untersuchungen lag der Einsparungseffekt zwischen 10 und 50 €/ha. 2001 hat ein Großteil der Landwirte keinen finanziellen Vorteil gegenüber der vorherigen Bewirtschaftungsweise erzielen können. Diesen Ergebnissen zufolge scheint die Höhe des finanziellen Vorteils auch nicht ausschlaggebend für die Zufriedenheit der Landwirte zu sein. Ein entsprechender Zusammenhang zwischen dem Zufriedenheitsgrad und der Höhe der Einsparung konnte auch anhand des Chi²-Tests für den Großteil der Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Nur für die Untersuchung 2007 ergab sich nachweisbar ein starker, signifikanter Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit der Landwirte und der Höhe der Einsparungseffekte (vgl. Tabelle 6.20).

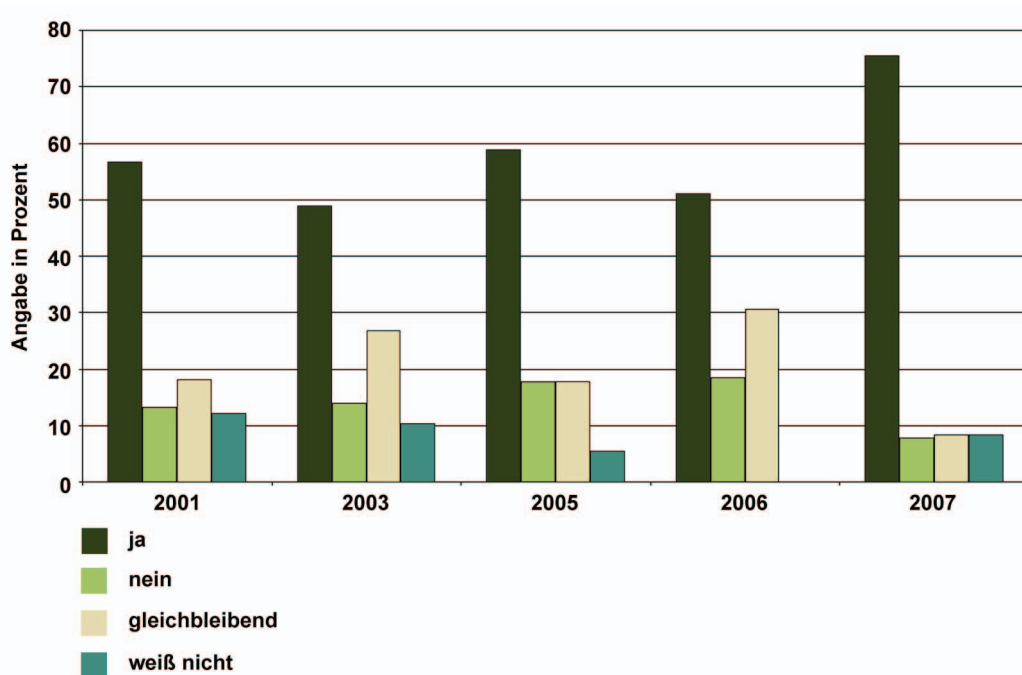


Abbildung 6.45: Konnten Sie einen finanziellen Vorteil durch Precision Farming erwirtschaften? Antworten der Interviewgruppe F (Nutzer)

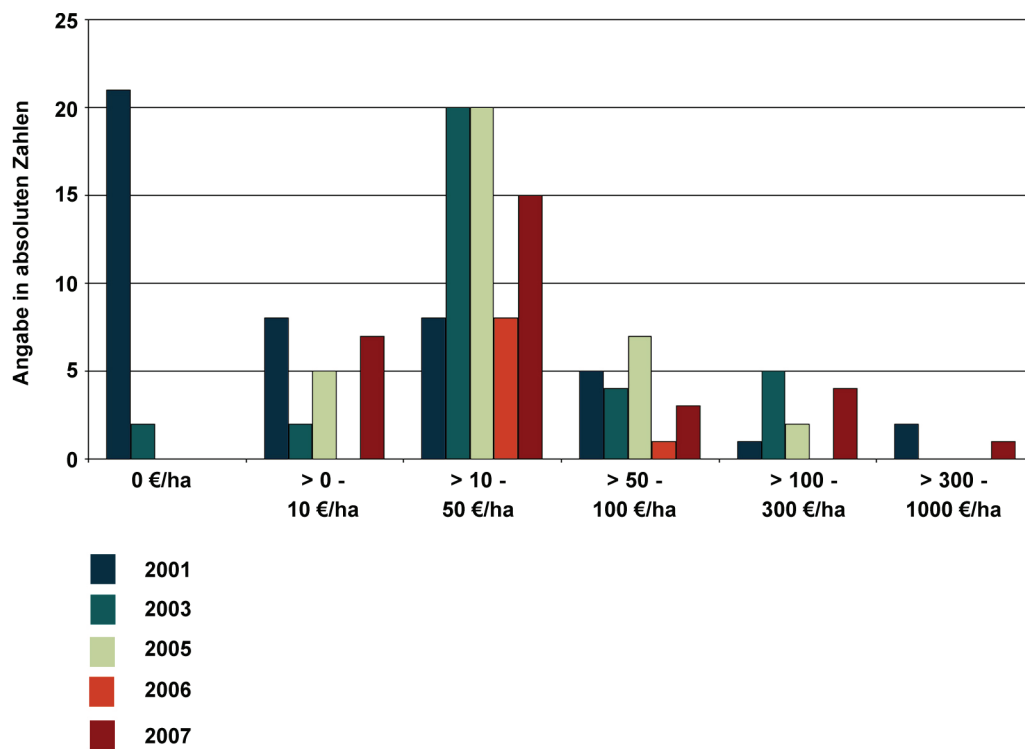


Abbildung 6.46: Einsparung/Gewinn in Euro pro Hektar durch den Einsatz von Precision Farming

Tabelle 6.20: Zusammenhang zwischen Zufriedenheit mit Precision Farming und der Höhe des Einspareffektes durch Precision Farming

Jahr	χ^2 -Wert	Sig.	C
2001	7,868	,929	,331
2003	4,884	,430	,307
2005	21,800	,010	,576
2006	,900	,638	,302
2007	32,070	,000	,719

Darüber hinaus wurden die Landwirte gefragt, in welchen Bereichen sie ihrer Meinung nach durch den Einsatz von Precision Farming Betriebskosten einsparen konnten und wo die Ursachen für die finanziellen Vorteile liegen. Die Antworten sind in Abbildung 6.47 dargestellt. Der Großteil der Landwirte führt die Einsparungseffekte in erster Linie auf eine Reduzierung des Düngemittel-

verbrauchs zurück (prozentualer Anteil schwankt zwischen 75 % (2005) als höchster Anteil und 50 % (2006) als niedrigster Anteil). Als zweithäufigste Begründung für den Einspareffekt wurden die besseren Standortkenntnisse und Einsparungseffekte bei den Pflanzenschutzmitteln angeführt. Daneben werden die Einsparungseffekte beim Precision Farming durch höhere Ernteerträge und Einsparungen beim Saatgut hervorgerufen (vgl. Abbildung 6.47).

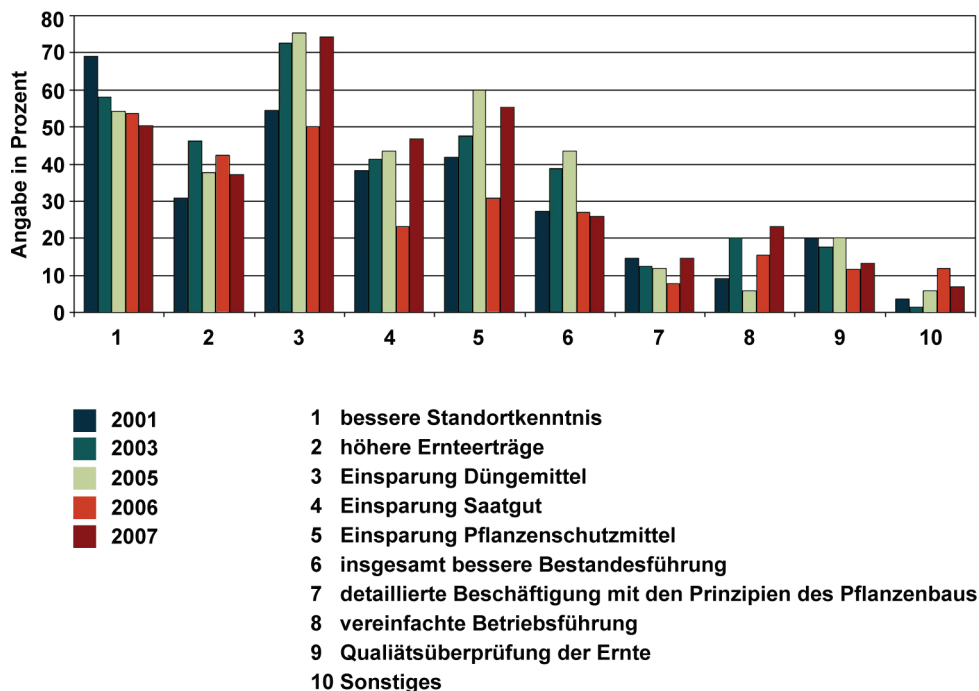


Abbildung 6.47: Ursachen für die finanziellen Vorteile von Precision Farming

Die Ergebnisse aus den Expertengesprächen entsprechen weitestgehend denen aus den quantitativen Untersuchungen. Trotz anfänglicher Schwierigkeiten ist der Großteil der Experten (16 von 29) sehr zufrieden mit der Einführung von Precision Farming und konnte seine ursprünglichen Ziele weitestgehend erreichen. Ein kleiner Teil der interviewten Experten (8 von 29) hat sich von der Einführung größere Einsparungseffekte erhofft und ist von der bisherigen Entwicklung enttäuscht. Die übrigen fünf Experten bewerten die Übernahme von Precision Farming Technologien neutral: die Technik läuft zwar ohne Probleme, aber sie konnten bisher keine Einsparungen erzielen.

Derjenige Teil der Experten, der die Einführung von Precision Farming positiv bewertet hat, konnte überwiegend (11 Experten) seine ursprünglichen Ziele, ökonomischer zu wirtschaften, erreichen bzw. hatte zumindest das Gefühl ge-

genüber vorher, mehr einsparen zu können. Insbesondere durch Einsparungen beim Düngemittel- und Kraftstoffverbrauch konnten die Landwirte erheblich Betriebskosten sparen. Ähnlich wie in den quantitativen Untersuchungen, hat ein Großteil der Experten Schwierigkeiten den finanziellen Vorteil genau zu quantifizieren. Mit Ausnahme von zwei Experten, die den Einsparungseffekt jeweils mit 30 €/ha angeben, schätzten die Meisten, dass sie gegenüber der bisherigen Wirtschaftsweise zwischen 10 % und 20 % an Betriebskosten einsparen konnten. Enorme Effekte werden dabei durch den Einsatz von Parallelfahrssystemen bzw. automatischen Lenksystemen erzielt, welche die Überlappung zwischen den Fahrspuren minimieren und so den Kraftstoff- und Düngemittelverbrauch deutlich reduzieren. Ein weiterer Bereich mit einem hohen Einsparpotential war die teilflächenspezifische Grunddüngung. Bei der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung, waren die Einsparungseffekte hingegen weniger stark ausgeprägt. Vielmehr kam es vornehmlich bei der sensorbasierten Stickstoffdüngung (wie Crop-Meter oder N-Sensor, der Mini-veg) zu einer Umverteilung des Stickstoffs auf der Fläche.

„[...] Gerade beim Dünger, Einsparung würde ich nicht sagen. Wir haben in erster Linie 'ne gute Umverteilung gemacht [...]“ (Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern)

„ [...] Das, was Sie auf einer Stelle weniger machen, machen Sie ja vielleicht auf der anderen Stelle mehr. Ich würde sagen, ob das viel mit Einsparung zu tun hat, weiß ich nicht. Sie bringen es natürlich an der Stelle aus, wo Sie es tatsächlich auch benötigen [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

„[...] Das ist doch der Ansatzpunkt. Wie soll man Dünger einsparen, wenn man sagt: Mein Mittelwert soll bei der Ausbringung, was weiß ich, 80 kg sein. Und dann um den Mittelwert macht der das dann schon [...]“ (Landwirt 12 aus Thüringen)

Einige Experten (6) haben den Eindruck, mit der Einführung von Precision Farming Technologien auf ihren Betrieben eine deutliche Arbeitserleichterung gegenüber früher zu haben. Vor allem der Einsatz von Parallelfahrssystemen und automatischen Lenksystemen erleichtert den Landwirten die Arbeit erheblich, da sie durch die Anzeige oder die automatische Lenkung leichter die Spur halten und die Arbeit dadurch weniger ermüdend für den Fahrer ist und er länger

einsetzbar bleibt. Als weiteren deutlichen Vorteil gegenüber vorher empfinden die Landwirte die Möglichkeit, durch den Einsatz dieser Technologie auch bei schlechten Sichtverhältnissen (Nebel, Dunkelheit) weiter arbeiten zu können. Dieses Argument wurde ebenfalls in Bezug auf den Einsatz des N-Sensors als positiver Effekt angeführt.

„[...] Und wir können dadurch nachts arbeiten. Das erleichtert uns das natürlich ganz erheblich, weil wir in der Herbstsaison rund um die Uhr arbeiten. Und das geht dann eben nicht, wenn Sie nichts mehr sehen können. Wir machen auch viel pfluglos, bei Beständen mit sehr schlechten Böden auch. Und da sehen Sie keine Spur. Tags schon nicht und nachts schon gar nicht. So, das denk' ich das funktioniert [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

„[...] und wenn es nur, sagen wir mal, die Arbeitskraft von meinem Mann ist, dass mein Mann abends nicht so erschöpft ist. Das ist schon Arbeitserleichterung, dann fährt der lieber eine Stunde länger und da hab' ich mehr davon wenn der 13 Stunden arbeitet anstatt nur 11. Weil die Fahrten zum Feld hin und zurück sind immer die gleichen, bei 11 oder bei 13 Stunden [...]“ (Landwirt 17 aus Sachsen)

Aufgrund der Arbeitserleichterung, die sich durch den Einsatz von Parallelfahrssystemen und automatischen Lenksystemen ergibt, konnten die Landwirte deutlich Zeit und damit auch Kosten reduzieren.

„[...] Wir haben dann natürlich auch automatischen Lenksysteme und hier sieht die Welt wieder was anders aus. Ich habe jetzt die Zahl nicht im Kopf, aber hier kann man eigentlich schon sagen, dass man wirklich, einen starken monetären Vorsprung hat. Weil man alleine schon festgestellt hat, dass wir die Wendezeiten enorm verkürzt haben und wir dadurch gerade bei der Stoppelbearbeitung eine viel höhere Flächenleistung pro Tag haben [...]“ (Landwirt 4 aus Sachsen-Anhalt)

Darüber hinaus bietet der Einsatz von GPS Technik bei der Bodenbeprobung eine erhebliche Erleichterung gegenüber der herkömmlichen Arbeitsweise, da die Stellen für die Probenahme schneller und einfacher wiedergefunden werden.

„[...] Ja gut ich meine für die Bodenproben war es schon recht gut, da hat man es doch schon recht einfach damit, hinterher beim Be-proben [...]“ (Landwirt 19 aus Brandenburg)

Ein weiterer positiver Faktor ist die Arbeitserleichterung bei der Flächenverwaltung und Flächendokumentation. Die automatische Prozessdatenerfassung beim Precision Farming hat bei vielen Experten die Dokumentation erheblich verbessert und ermöglicht dem Landwirt eine lückenlose Dokumentation seiner Produktionsprozesse.

„[...] Ja, die zeichnen auch alles auf [...] Doch, das ist schon eine Arbeitserleichterung für die Verarbeitung, dass man das eben für die Aufzeichnung hat [...]“ (Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern)

Ein Teil der Experten (5) verfolgte mit der Einführung von Precision Farming das Ziel, die Bestände zu homogenisieren. Zum einen sollte dadurch eine gleichmäßigere Ertragsqualität erzielt werden, andererseits sollte die Lageneigung des Getreides verringert werden, um so die Druschfähigkeit bei der Ernte zu erhöhen. Dieses Ziel konnte bei einem Teil der Landwirte durch die Anwendung der sensorbasierten Düngung erreicht werden.

„[...] Und was wir speziell in 2006 gesehen haben, dass die Partien sehr schön homogen sind. Vorher haben wir immer Probleme gehabt mit unterschiedlichen Arbeitsverhältnissen und dann geht das dann nachher bei den Preisverhandlungen wieder los. Und das ist sehr schön homogen geworden, eigentlich. Dass man also ziemlich sicher sein kann, wenn man jetzt einen größeren Schlag hat, dass die Partien dann auch einheitlich werden und Qualitätsmaßstäbe erfüllen [...]“ (Landwirt 8 aus Niedersachsen)

Andere Landwirte sehen die Homogenisierung der Bestände eher kritisch, weil es dadurch in der Folgebearbeitung zu Problemen kommen kann.

„[...] gerade weil ich das (N-Sensor) heuer auf dem Betrieb mit angeschaut habe, ist das für mich irgendwo nicht so direkt praxisrelevant, weil zu viele pflanzenbauliche Parameter verloren gehen. Aber auch Dinge, die den Arbeitsablauf erleichtern, werden kaputt gemacht. Es wurde zum Beispiel ein Schlag nicht beerntet, weil halt in der einen Bodenzone weniger N gedüngt wurde, war da natürlich eine schnellere Abreife. Am Ende hat das vielleicht ausgeschaut wie ein

Schachbrett und das ist natürlich ein Riesenaufwand, so etwas zu beernten. Ich kann keine direkte Bodenbearbeitung nachkommen lassen und das sind dann lauter so Folgesachen, wo ich dann hier einfach keinen betriebswirtschaftlichen Nutzen darin sehe, so was zu machen. Dann gebe ich lieber mal an so eine Stelle ein bisschen mehr Stickstoff, den vielleicht die Pflanze nicht braucht, aber ich habe dadurch eine homogenere Abreife und kann dann wieder alles ganz normal nach System beernten, bearbeiten und so weiter [...]“ (Landwirt 4 aus Sachsen-Anhalt)

Ein weiterer Vorteil dieser Technik liegt nach Meinung einzelner Landwirte darin, dass sie sich aufgrund der detaillierten Informationen stärker mit Pflanzenbaulichen Fragestellungen auseinandersetzen.

„[...] Das hängt, ich meine, das hängt nicht nur mit dem Sensor zusammen, sondern damit, dass man einfach selber auch kritischer ist oder mehr guckt. Ja, der Sensor bringt einen eigentlich dazu, mehr drüber nachzudenken. Während das früher eigentlich standardmäßig erste Gabe, zack, 80 Kilo oder 70 Kilo sag ich mal. Und Schossergabe so und so viel und Ährengabe so und soviel drauf, ne? Und jetzt guckt man eben durch den N-Tester und den Sensor eigentlich mehr, was will der Bestand eigentlich haben [...]“ (Landwirt 8 aus Niedersachsen)

Landwirte, die in der Nähe von Städten wirtschaften, werden des Öfteren mit kritischen Fragen zur Umweltverträglichkeit ihrer Wirtschaftsweise konfrontiert. Für einen kleinen Teil der Experten bietet der Einsatz von Precision Farming Technologien daher eine gute Möglichkeit, das häufig negative Umweltimage der Landwirtschaft zu verbessern. Die standortangepasste Wirtschaftsweise wird von der Öffentlichkeit positiv aufgenommen.

„[...] Aber ich kann ja jedem Außenstehenden das viel besser dokumentieren, was ich da mache. Der sagt: Du fährst da mit Deinem Düngestreuer lang, was machst Du da eigentlich? Ich sage: Ich habe jeden ha eine Bodenprobe und der streut mal mehr und mal weniger, genauso wie der Boden das gerne möchte. Dann ist der schon mal platt, dass so etwas überhaupt geht und findet das gut. Das wird akzeptiert. Das wird akzeptiert, dass man mit der Stickstoffdüngung,

dass man dort ein System einsetzt, das sich den realen Bedingungen vor Ort anpasst und weg geht von der Gießkanne [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

Diese Ergebnisse zeigen, dass der Großteil der interviewten Experten, trotz anfänglicher Schwierigkeiten, inzwischen sehr zufrieden ist mit der Anwendung von Precision Farming und die ursprünglichen Zielsetzungen und Erwartungen weitestgehend umgesetzt werden konnten. Eine wichtige Voraussetzung hierfür war eine gute Beratung und Betreuung durch die Herstellerfirmen. Diese war bei einem Großteil der Experten gegeben, wodurch anfängliche Probleme beim Umgang mit der Technik schnell überwunden werden konnten und diese ohne größere Probleme lief. Zwei der interviewten Experten berichten von einem besonders engen Kontakt zum Softwarehersteller, bei dem die Verbesserungsvorschläge der Landwirte aufgenommen und in die Überarbeitung der Software integriert wurden.

Acht der interviewten Landwirte sind sehr unzufrieden mit der Einführung von Precision Farming. Bei diesem Ergebnis muss berücksichtigt werden, dass von diesen acht Landwirten vier sehr kleine Betriebe bewirtschaften und alle aufgrund ihrer kleinen Flächengrößen hohe Investitionskosten scheuen. Bei ihnen beschränkt sich Nutzung von Precision Farming bisher auf die GPS-Flächenvermessung und die GPS-Bodenbeprobung, die ausschließlich der Datenerfassung dienen. Den übrigen Experten ist gemein, dass sie ihr ursprüngliches Ziel der Kosteneinsparung nicht erreichen konnten und/oder gegenüber der bisherigen Wirtschaftsweise keine wesentlichen Vorteile erkannten. Zwei von den vier Landwirten hatten mit erheblichen Kompatibilitätsproblemen zu kämpfen, da Landtechnik und Software von verschiedenen Herstellern stammten. Bei beiden Experten kam erschwerend hinzu, dass Beratung und Service durch die Anbieterfirmen nicht gegeben waren und die Zuständigkeiten zwischen den Firmen ungeregelt blieben.

„[...] Entweder es geht, dann muss es auch gehen und dann muss es auf den ersten Knopfdruck funktionieren. Wenn ich das System dann abhole, dann will ich auch sehen, dass es geht. Oder es geht eben nicht. Und dann dieses, also wie gesagt, dieser Worst Case, das war *New Holland*. Die dann gesagt haben, das ist zwar noch nicht ganz da, aber es kommt aus den USA und wir machen das schon ewig

und es funktioniert. Jetzt kauft erst mal den Mähdrescher. Und dann installieren wir schon den Rest noch [...]“ (Landwirt 15 aus Sachsen-Anhalt)

Bei den anderen beiden Experten fand zwar eine gute Beratung und ein guter Service seitens der Herstellerfirmen statt, aber die Technik konnte die Landwirte nicht überzeugen und es ergaben sich für sie keine Vorteile gegenüber der bisherigen Wirtschaftsweise.

„[...] Also es war nicht so zweifelsfrei besser, dass ich jetzt absolut sagen kann, das müssen wir jetzt sofort haben, das Gerät, ja? Wir hätten das auch übernehmen können von der *Hydro* damals, aber das haben wir dann nicht gemacht [...]“ (Landwirt 14 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Also ich sehe halt nicht den gigantischen betriebswirtschaftlichen Vorteil. Die Technik funktioniert in Ansätzen sicherlich. Aber ich bin noch nicht lange aus dem Studium raus und auch was ich da irgendwie in der landwirtschaftlichen Verfahrenstechnik mit bekommen habe, ist es nicht so, dass da heute irgendwie ein übergreifendes System ist, wo man sagt, egal in welchem Bereich, ob das nun Düngung ist, ob das Pflanzenschutz ist oder so, dass man das einsetzen kann [...]“ (Landwirt 25 aus Mecklenburg-Vorpommern)

„[...] Ich habe den Eindruck, viele sind da so Freaks und haben viele bunte Karten an den Wänden und haben ein großes Datenmaterial, haben ein großes Zahlenmaterial. Da muss ich sagen, letztendlich bin ich nicht so ein Freak und ich will eigentlich auch Geld damit verdienen und es muss einfach gehen. Deshalb haben wir das eigentlich gelassen, in diese Richtung weiter zu machen. Also wie gesagt wir haben da auch mit den Leuten von *Agricon* und mit mehreren Firmen gesprochen. Man guckt sich das immer an und so und ich lese, verfolge das auch alles intensiv. Aber ich betrachte es mit ein bisschen mehr Skepsis momentan. Und beobachte wie es weiter geht, aber ich muss da nicht zu den Vorreitern gehören. Weil ich sehe da so nicht die Vorteile, das ist aber auch meine innere Einstellung dazu. Ich will nicht irgendwie Sklave eines Computers sein oder

so. Wenn es einfach ist, dann ist es okay [...]“ (Landwirt 9 aus Mecklenburg-Vorpommern)

Die restlichen Landwirte beurteilen die Einführung von Precision Farming neutral. Die Mehrheit konnte durch den Einsatz von Precision Farming Technologien keine Kosteneinsparungen oder Ertragssteigerungen erzielen. Diejenigen Landwirte, die Precision Farming neutral bewerten, haben ohnehin mit der Einführung in erster Linie das Ziel verfolgt, eine lückenlose und verbesserte Dokumentation zu erreichen.

„[...] Also da sehe ich schon gute Möglichkeiten. Und letztendlich sollen wir es ja auch. Einerseits sind wir durch den Markt gezwungen, gut und günstig zu produzieren. Und andererseits müssen wir letztendlich auch dokumentieren, was wir getan haben, um umweltgerecht dann die Landwirtschaft zu betreiben. Und diese Dokumentation lässt sich dann mit so einem Material natürlich ganz sauber dokumentieren. Es ist nachverfolgbar. Dann haben wir letztendlich das, wo wir dann irgendwo hin sollen, zum gläsernen Betrieb, der auch überprüfbar ist [...]“ (Landwirt 7 aus Mecklenburg-Vorpommern)

Der Einsatz von Parallelfahrssystemen oder automatischen Lenksystemen wurde ebenfalls positiv beurteilt. Die Vorteile, die von den Landwirten aufgeführt wurden, sind Arbeitserleichterung sowie Zeit- und Kostenersparnis.

„[...] Ja. Was die Parallelgeschichte betrifft, die wir ja immer noch benutzen, das ist so 'ne Erleichterung. Auf die Lenkung wird dann irgendwas umgesetzt, die Impulse und dann fährt er so. Das ist eine feine Sache, das ist auch eine feine Sache für die Mitarbeiter, dann können die nichts mehr falsch machen [...]“ (Landwirt 22 aus Niedersachsen)

Obwohl bei vielen der interviewten Experten der durch den Einsatz von Precision Farming erhoffte Einsparungseffekt ausblieb, sieht der Großteil eine klare Zukunftsperspektive für diese Technologie in Deutschland. Unabhängig von den Betriebseigenschaften geht die Mehrheit der Experten (20 von 29) davon aus, dass Precision Farming zum neuen Standard in der Landwirtschaft wird und langfristig ein Wirtschaften ohne diese Technologie, zum einen aufgrund

der zunehmenden Dokumentationspflicht, zum anderen aus der wirtschaftlichen Notwendigkeit heraus, gar nicht mehr möglich sein wird.

„[...] Also ich denke mal das ist die Zukunft, der Kostendruck wird weiter steigen in der Landwirtschaft und das ist nicht unerheblich und man muss Leute finden, die es machen und das ist eigentlich das nächste Problem. Ich denke mal das wird kommen, doch ja [...]“ (Landwirt 23 aus Niedersachsen)

„[...] Die hat eine Zukunft. Das wird 'ne Notwendigkeit sein. Erstens werden wir ja, oder haben wir ja im Prinzip die Zertifizierung bis hin zum Lebensmittel, was jeder einzelne zu sich nimmt. Die Rückverfolgbarkeit ist da und da gehört das auch alles dazu, was ich tue. Insofern werden wir ohne Precision Farming gar nicht mehr auskommen. Auch wenn es natürlich eine riesige Datenflut ist, die irgendwo hin und her geht und erhalten bleiben muss. Aber gut, die ist einfach da. Ohne das geht's gar nicht mehr. Deswegen kann ich auch nicht die Frage stellen, ob Precision Farming eine Zukunft hat oder was es für eine Zukunft hat. Sondern ohne Precision Farming geht es nicht mehr [...]“ (Landwirt 16 aus Niedersachsen)

Drei der interviewten Experten gehen davon aus, dass diese Technologien sich in Zukunft überwiegend in den großen Betrieben, die eine deutliche Ackerzahlspanne haben, etablieren werden. In Betrieben mit kleineren Flächengrößen wird sie sich jedoch aufgrund der hohen Investitionskosten kaum verbreiten. Daher wird ein Verbreitungsschwerpunkt in Ostdeutschland liegen, wo auf den ehemaligen LPG Flächen riesige Betriebe bzw. Betriebsgemeinschaften entstanden sind.

„[...] Auf Gesamtdeutschland, ich sag' mal für den Osten würde ich mal so sagen, gerade in der Anzahl der Großbetriebe wird sich das erweitern. Ob es sich drüben verbreitet, weiß ich nicht? Ich kenn' drüben auch viele Betriebe, die sich zusammenfügen zu Betriebsgemeinschaften. Ich sag' mal, man müsste schon eine gewisse Größe haben, wo es sich rentieren tut [...]“ (Landwirt 5 aus Sachsen-Anhalt)

Eine andere kleinere Gruppe von Experten (3 von 29) ist der Meinung, dass vielleicht in ferner Zukunft die Technologie sich auch in Westdeutschland ver-

breiten wird. Bis dahin wird es jedoch wahrscheinlich noch sehr langen dauern. Ausschlaggebend für diese Situation ist die Industrie, die nicht in der Lage ist, sich auf einen allgemeinen Standard festzulegen.

„[...] Es wird vielleicht mal kommen. Aber das wird noch lange dauern bis das kommt [...]“ (Landwirt 19 aus Brandenburg)

„[...] die brauchen noch 100 Jahre. Ganz einfach aus dem Grund: Die Leute sind noch nicht mal in der Lage gewesen, sich auf gemeinsame Standards zu einigen. Das fand ich also, das ist eigentlich der Tod in meinen Augen von irgendwelchen neuen Sachen, wenn die Leute sich nicht einig werden können um einheitliche Standards oder eine Kompatibilität herzustellen [...]“ (Landwirt 26 aus Niedersachsen)

Zwei der interviewten Experten haben sich nicht zu dieser Frage geäußert und ein Experte ist der Meinung, dass sich diese Technologie nicht in Deutschland durchsetzen wird bzw. wenn, nur vereinzelt auf großen Betrieben.

„[...] Nicht, nicht so der absolute Durchbruch. Ich glaube nicht, dass es Standard in allen Bereichen werden wird. Ich glaube oder ich könnte mir vorstellen, dass es unter Umständen sich auf lange Sicht im Bereich Pflanzenschutz durchsetzt. Allerdings glaube ich, muss das in den Kosten noch deutlich sinken, bevor das Akzeptanz findet. Und wahrscheinlich ist es auch eine Sache, die in eine Generation rein wachsen muss. Ich glaube der Technikfortschritt hat da vielleicht etwas den normalen Landarbeiter überholt [...]“ (Landwirt 25 aus Mecklenburg-Vorpommern)

Ein weiteres Argument, was aus Sicht einiger Experten (5 von 29) für eine zukünftige Ausbreitung von Precision Farming spricht, ist die Zunahme des Dienstleistungsangebots von Lohnunternehmern und Maschinenringen im Precision Farming Bereich. Hierdurch wird ihr Einsatz auch für kleinere Betriebe rentabel.

„[...] Es gibt eben so manche Systeme, die brechen sich eben nicht so schnell runter bis in die Kleinstbetriebsstrukturen, das läuft dann nachher nur über einen Lohnunternehmer [...]“ (Landwirt 6 aus Niedersachsen)

Ein Teil der Experten ist der Meinung, dass die Technologie zunehmend praxistauglicher wird und damit die Akzeptanz bei den Landwirten automatisch zunehmen wird.

„[...] Ich denke schon, dass die das soweit perfektionieren werden, dass sie im Jahr x Standard sein wird [...]“ (Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern)

„[...] Und ich glaube schon, wenn ich noch mal 10 Jahre weitergehe, dass ich natürlich mit Stickstoffsensorik und mit Pflanzenschutzsensorik und so weiter und so fort da natürlich auch noch mal weiterkomme. Die Technik wird sich weiter zu mehr Praxisreife entwickeln und dann denk' ich sind das irgendwo die nächsten Schritte. Das glaub ich ziemlich sicher [...]“ (Landwirt 16 aus Niedersachsen)

Zukünftig wird die Landwirtschaft mit einem zunehmenden Arbeitskräftemangel zu kämpfen haben. Dementsprechend wird nach Meinung einiger Experten die Nachfrage nach automatisierten Technologien wie Precision Farming zunehmen, um die Attraktivität der Arbeitsplätze in der Landwirtschaft zu steigern.

„[...] Wir werden in der Zukunft Probleme haben, Arbeitskräfte für die Landwirtschaft zu finden, schon alleine aufgrund der Altersstruktur und wenn ich welche finden will und das müssen gute Leute sein, dann muss ich attraktive Arbeitsplätze bieten [...]“ (Landwirt 29 aus Sachsen)

Damit die Akzeptanz von Precision Farming in Deutschland zukünftig weiter steigt und sich die Technologien stärker verbreiten, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Eine der wichtigsten ist die Schaffung von einheitlichen internationalen Standards bei der Landtechnik (13 von 29 Experten) und bei der Software (9 von 29 Experten): Zum einen, um die Kompatibilität zwischen den verschiedenen Hardwarekomponenten sowie zwischen Hardware und Software herzustellen, zum anderen um den Datentransfer der verschiedenen Computerprogramme untereinander zu gewährleisten.

„[...] Ja, es muss auf alle Fälle erst mal die Isobusfähigkeit wirklich hergestellt werden, zwischen allen Herstellern, also zwischen den Hauptherstellern. Das ist eigentlich das Wichtigste, dass die Technik funktioniert [...]“ (Landwirt 18 aus Sachsen)

„[...] Also da wäre dann das Ziel, dass man dann irgendwann sagt, wir brauchen eine einheitliche Sprache oder ein Isobüro, was regelt, dass die Daten schneller aufbereitet werden können [...]“ (Landwirt 2 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Dann wäre es natürlich ganz arg wichtig, dass die Sachen zueinander passen, egal von welchem Hersteller die Sachen sind. Also das wäre das Wichtigste überhaupt, dass man Hersteller unabhängig seine Technik zusammenstellen kann und die dann auch noch fähig ist [...]“ (Landwirt 3 aus Sachsen-Anhalt)

In die gleiche Richtung gehen die Forderungen der Experten nach einer höheren Praxisreife der Technik (8 von 29 Experten) und mehr Bedienungsfreundlichkeit (8 von 29 Experten) bei der Software. Viele haben in der Vergangenheit die Erfahrung gemacht, dass von der Industrie häufig noch nicht praxisreife Lösungen angeboten wurden. Im Hinblick auf die Bedienungsfreundlichkeit der Software wünschen sich die Landwirte Computerprogramme mit einem einfachen Aufbau, einer einfachen Menüführung und einer guten Datenübersicht. Einzelne Prozesse, wie beispielsweise das Einlesen von Daten, die Erstellung von Ertragskarten oder Applikationskarten sollten zukünftig automatisiert werden. Einzelne Landwirte wünschen sich Softwarelösungen, die sowohl als Ackerschlagkartei als auch für Precision Farming nutzbar sind. Der Großteil der Landwirte bearbeitet seine Daten bisher noch in verschiedenen Programmen.

„[...] Ja, dass man gerade hier, wenn es um das Erstellen von Düngekarten geht und so weiter, hier viel leichter die Karten selber erstellen kann. Dass man das nicht immer aus der Hand geben muss und dass es eigentlich dann, wenn ich die Daten aus den Bodenuntersuchungen einlese, dass es dann direkt auf das Gerät überzuwandeln geht [...]“ (Landwirt 4 aus Sachsen-Anhalt)

„ [...] es muss natürlich handhabbar sein und wir sind alles keine Computerfreaks. Wir sind in erster Linie Landwirte. Das muss also sehr einfach sein. Also das muss alles sehr einfach und praxisreif sein und deswegen werden wir auch nicht den Schritt gehen Richtung Applikationstechnik, wir haben uns schon damit beschäftigt [...]“ (Landwirt 9 aus Mecklenburg-Vorpommern)

„[...] Ja, weil ich, ich hab von dem N-Sensor die Methodik, da bin ich noch etwas skeptisch. Und was die ganzen, das wäre ja die zweite Frage, die ganzen Herbizide angeht, da bin ich auch noch skeptisch, wie das laufen soll. Weil wir letztendlich ja zumindest heute doch eine gute Mischung aus Bodenherbizid und Kontaktherbizid nehmen. Und dann fallen natürlich die ganzen Bodenherbizide weg. Und da würde ich mir wünschen, dass das praxistauglicher wäre [...]“ (Landwirt 16 aus Niedersachsen)

„[...] Das ist die absolute Voraussetzung. Weil also, auf dieses Heck Meck wie mit dem Mähdrescher, das mache ich definitiv nicht mehr mit. Beim Mähdrescher war's Spielerei, da ist auch nicht viel kaputt gegangen. Es hat viel Geld gekostet, viel Zeit gekostet. Es war wirklich auch viel Eigenengagement dabei. Aber da hab ich zumindest einmal nichts kaputt gemacht im Feld. Wenn ich heut eine Aussaatkarte in die Maschine rein stecke und es kommt nicht genau so, wie ich das haben will, dann hab ich das ganze Jahr das Problem mit irgendwelchen Beständen, die zu dick sind, zu dünn sind, oder Fehlstellen haben [...]“ (Landwirt 15 aus Sachsen-Anhalt)

Neben der Forderung nach mehr Praxistauglichkeit, ist die Senkung der Anschaffungskosten für viele (12 Experten) eine wichtige Voraussetzung für eine zukünftige Diffusion von Precision Farming. Die Anschaffung muss auch für kleinere Betriebe rentabel sein. Bei den momentanen Kosten für die Technologie rentiert sich ein Kauf erst ab einer Maschinenlaufleistung von 1000 bis 1500 Stunden.

„[...] Nee, dass es billiger wird. Wenn ich jetzt ein Autotrack hab und das kostet einfach 20.000 Euro, sag ich mal auf einem Schlepper und der Schlepper läuft jetzt nur, wenn ich jetzt westdeutsche Verhältnisse nehme, gerade mal 500 Stunden oder irgendwas, dann kann man es vergessen. Läuft der Schlepper hier im Schichtbetrieb 1000 oder 1300 Stunden, dann ist natürlich die Investition auf die Stunde bezogen schon wieder viel interessanter [...]“ (Landwirt 15 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Ja, es ist ja folgendes: Wenn solche Technik neu auf den Markt kommt, dann ist natürlich die Industrie auch clever, und rechnet na-

türlich auch Effekte, was das für den Landwirt bringen könnte. Und danach gestalten sie ihren Preis. Die gestalten ihren Preis ja oft nicht nach den Herstellungskosten, sondern nach den Gebrauchskosten und den Effektkosten, die dabei entstehen. Und ich bin der Meinung, manches wird zu teuer eingeführt. Also dieses Autotrack zum Beispiel muss billiger werden. Wenn das ein bisschen billiger wird, dann verbreitet sich das in 2 Jahren derartig schnell [...]“ (Landwirt 1 aus Sachsen-Anhalt)

Eine weitere Voraussetzung, die bisher aber von den Firmen schon weitestgehend erfüllt wurde ist eine gutes Beratungs- und Serviceangebot. Neben der Firmenberatung, hätten viele Landwirte gerne eine unabhängige Beratungsstelle für Precision Farming. Diese könnte entweder durch die Landmaschinenhändler oder im Idealfall durch die landwirtschaftliche Officialberatung erfolgen.

„[...] Doch, das wäre hilfreich wenn es nicht Firmengebunden wäre [...]“ (Landwirt 3 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Aber wenn die Beratung nicht bald das begreift, dann geht es an ihr vorbei. Und die Beratung hätte dann 'ne große Chance verpasst. Die Beratung könnte sagen: Wir sind 'ne neutrale Stelle, wir nehmen uns diesem Thema an, machen das so wie Sie und tragen der Industrie Ergebnisse einer Befragung zu, dass Sie wissen, wo drückt der Schuh. Und dann kann man sagen: So, liebe Industrie. Also das und das kommt aus der Praxis zurück, bitte, greift es an. Und dann wird die Nachfrage auch steigen [...]“ (Landwirt 11 aus Nordrhein-Westfalen)

Der Einsatz von Precision Farming Technologien erfordert eine höhere Qualifizierung der Arbeitskräfte. Nach Meinung einiger Experten (3 von 29) wird im Bereich der Aus- und Weiterbildung an den Berufs- und Fachschulen bis heute zu wenig auf das Thema Precision Farming eingegangen und die jungen Auszubildenden werden nur selten auf den Umgang mit computergestützter Landtechnik vorbereitet. Um diese Situation zu verbessern, ist es daher dringend erforderlich, entsprechende Voraussetzungen im Bereich der Aus- und Weiterbildung zu schaffen. Eine notwendige Voraussetzung hierfür ist die Überarbeitung der bestehenden Ausbildungskonzepte an Berufs- und Fachschulen. Dabei müssen Themen wie die IT-gestützte Landwirtschaft und Precision Farming

verstärkt berücksichtigt und das Lehrpersonal an den Berufs- und Fachschulen entsprechend in diesen Bereichen fortgebildet werden.

„[...] Aber über solche Dinge werden Sie am Rande mal was hören. Landtechnik in der Schule, da sind die Lehrer, denke ich, technisch überhaupt nicht in der Lage dazu, was zu sagen. Ich sehe das ja immer im Prüfungsausschuss, oder in der Prüfungskommission, weil dort ja auch immer ein Lehrer vertreten ist. Und ich mache nun alles da. Ich mache auch Tierproduktion und wenn ich dann mal mit Landtechniklehrern zusammen bin, dann bin ich doch erstaunt, wie schwach die sind. Die können so dieses theoretische Wissen, das haben die, gar keine Frage, aber praxisbezogenes Wissen? [...]“ (Landwirt 1 aus Sachsen-Anhalt)

Von Seiten der Politik wünschen sich die Landwirte, dass der Einsatz dieser Technologie stärker gefördert wird, da Precision Farming ein Beitrag zu einer umweltgerechten und Ressourcen schonenden Landwirtschaft ist.

„[...] Ich sage mal der Bauernverband bzw. die Interessenvertreter, die müssten noch viel mehr mit solchen Argumenten konkurrieren. Wer irgendwo was in Richtung Umweltschutz tut, der muss gefördert werden. Das müsste mehr gefördert werden. Bis jetzt wird eben noch gefördert, wenn Du intensiver arbeitest, noch mehr einsetzt, weil der Staat ja da auch dran verdient. Wenn der mehr Dünger verkauft, dann hat der auch mehr Steuern [...]“ (Landwirt 2 aus Sachsen-Anhalt)

„[...] Wir haben neulich mal eine Begründung weggeschickt, mein Kollege und ich. An irgendeine Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, um zu begründen, warum die N-Sensor-Technik gefördert werden sollte, weil man eben Pflanzenschutzmittel einsparen kann, weil man Dünger dort hinbringt, wo er verbraucht wird. Ist ja eigentlich eine umweltgerechte Landwirtschaft, normalerweise muss das gefördert werden [...]“ (Landwirt 12 aus Thüringen)

Darüber hinaus wünschen sich die Landwirte einheitliche Vorgaben, sowohl für die EU-Agraranträge als auch für die Zertifizierungsprogramme, damit die Softwarehersteller ihre Programme entsprechend auf die Bedürfnisse der EU ausrichten können. Für die Landwirte würde sich infolge dessen eine enorme Ar-

beitserleichterung und Zeitersparnis ergeben, da die für Precision Farming erhobenen Daten gleichzeitig für das Antragswesen genutzt werden könnten.

„[...] Wenn man so will, müsste Precision Farming noch wesentlich vereinfacht werden. Wenn man seinen ganzen Antrag, EU-Antrag, wenn man den auf dieses System aufbauend, per Knopfdruck abgeben könnte. So! Und auch jede Kontrollbehörde dieses System nutzt. Und nicht jeder was anderes nutzt [...] Wir nehmen erstens an Zertifizierungsprogrammen teil, und natürlich haben wir diesen normalen GAP-Vertrag, der läuft. So, und wenn ich eine Kontrolle kriege - ich habe drei oder vier Kontrollen in den letzten 5-6 Jahren gehabt - jeder macht das ein bisschen anders. Und der sagt: Das akzeptier ich nicht. Und das akzeptiert Brüssel nicht. Und das akzeptiert, was weiß ich was, Berlin nicht. Und das wollen die nicht, und das will der nicht. Und das ist eine Katastrophe. In dem Bundesland geht das nicht, in dem Bundesland geht jenes nicht. Das ist sicherlich eine Riesenkatastrophe. Warum das nicht nach einem einheitlichen System für alle machbar ist, oder einfach transferierbar ist, das ist mir völlig unklar [...]“ (Landwirt 16 aus Niedersachsen)

6.2 Einschätzung der landtechnischen Industrie zur Akzeptanz von Precision Farming Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland

Neben der Hauptakteursgruppe der Landwirte nehmen auch andere Akteursgruppen aus dem Bereich der Landwirtschaft Einfluss auf den Diffusionsprozess von Precision Farming in Deutschland. Dabei kommt der Landtechnikindustrie sowie den Herstellern von Agrarsoftware eine besondere Bedeutung zu. Als Hersteller und Entwickler steuern sie zum einen maßgeblich die Produktentwicklung und nehmen damit Einfluss auf Faktoren wie Bedienungsfreundlichkeit und Kompatibilität der Technik, zum anderen regulieren sie die Preisentwicklung der Landtechnik auf dem Markt. Beide Faktoren haben einen direkten Einfluss auf die Akzeptanz von Precision Farming. Daher wurden Vertreter der Landtechnikindustrie in die Untersuchung mit einbezogen. Ziel war es, eine Einschätzung der Industrie zur aktuellen und zukünftig zu erwartenden Akzep-

tanzsituation bei der Verbreitung von Precision Farming in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland zu bekommen und zu erfahren, welche Maßnahmen die Industrie ergreift, um die aktuelle Situation zu verbessern.

6.2.1 Aktuelle Verbreitung von Precision Farming in Deutschland aus Sicht der landtechnischen Industrie

Insgesamt wurden 23 Firmen interviewt, von denen 18 Firmen aus dem Bereich der Landtechnikherstellung und 5 Firmen aus dem Bereich der Softwareentwicklung kamen. Zum Zeitpunkt der Umfrage gehörte bei 14 Firmen Precision Farming bereits zum Bestandteil der Produktpalette, die restlichen 9 haben noch keine Precision Farming Technik angeboten.

Die Mehrheit (64,3 %) der Firmen, die bereits Precision Farming in ihre Produktpalette mit aufgenommen haben, stellt Landmaschinen für Precision Farming her. In etwa ein Drittel (35,7 %) der Firmen entwickelt Software für Precision Farming Anwendungen, 25 % sind Hersteller von Parallelfahrssystemen und/oder automatischen Lenksystemen und ein kleiner Teil (12,5 %) produziert GPS Geräte. Ein Großteil dieser Firmen hat sich schon sehr früh mit der Entwicklung von Precision Farming Technologien beschäftigt: die Hälfte hat zwischen 1995 und 2000 mit der Entwicklung begonnen, einige wenige sind bereits Anfang der 90er Jahre in den Precision Farming Bereich eingestiegen. Nur drei der interviewten Firmen haben erst nach 2000 damit angefangen, Precision Farming in ihrer Produktpalette zu berücksichtigen.

Die Interviewpartner in den Firmen wurden gefragt, welche Parameter bei der Entwicklung neuer Technologien bzw. neuer Software ausschlaggebend sind. Für den Großteil (52,2 %) ist das Feedback ihrer bisherigen Kunden ein entscheidender Faktor bei der Neuentwicklung von Produkten. Viele Firmen führen daher auch eigene Befragungen durch (34,8 %), bevor sie neue Produkte entwickeln. Darüber hinaus orientiert sich die Neuentwicklung an den firmeneigenen Bedarfsanalysen (21,7 %) und Verkaufsstatistiken (30,4 %).

Trotz der starken Orientierung am Kunden stellt die mangelnde Kompatibilität zwischen den verschiedenen Maschinenkomponenten sowie zwischen Maschine und Software, eines der von den Landwirten am häufigsten beklagten Probleme beim Umgang mit Precision Farming dar. Angesprochen auf dieses Prob-

lem räumten 25 % der interviewten Firmen ein, dass die mangelnde Kompatibilität in der Vergangenheit oft bewusst forciert wurde, um den Landwirt an einen Hersteller zu binden und sich so Marktanteile zu sichern. Als weitere Ursache wurde von 21,7 % der interviewten Landwirte die mangelnde Absprache zwischen den Firmen angeführt. Der Großteil der interviewten Firmen (43,1 %) sieht jedoch in den bisher fehlenden einheitlichen Standards die Hauptursache für die bestehenden Kompatibilitätsprobleme. Der neue Standard ISO 11783 zur Kopplung von Anbaugeräten mit beliebigen Terminals war zum Zeitpunkt der Umfrage noch so neu, dass erst wenige Landtechnikhersteller diesen bereits umgesetzt haben. Um die bestehenden Kompatibilitätsprobleme zu überwinden, arbeitet der Großteil der Firmen (34,8 %) an der Entwicklung einheitlicher Standards bzw. versucht, die neuen Standards auf die eigene Technik zu übertragen. Zusätzlich versuchen die Firmen, Kompatibilitätsprobleme durch Absprachen mit ausgewählten Firmen (26,1 %) und einzelnen Kunden (6,25 %) zu überwinden. Ein kleiner Teil der interviewten Firmen (12,5 %) möchte weiterhin unabhängig von festgelegten Standards agieren und unternimmt daher keine Anstrengungen, das Kompatibilitätsproblem zu beheben.

Probleme beim Umgang mit der Software versuchen die meisten Firmen in persönlichen Beratungsgesprächen durch firmeneigene Berater (52,2 %) sowie mit Hilfe von Handbüchern (43,5 %) zu beheben. In Ergänzung werden von einem Teil der Firmen extra Fortbildungsseminare (39,1 %) angeboten. Zusätzlich können die Kunden bei Problemen eine telefonische, firmeneigene Hotline kontaktieren (30,4 %). Wie sich in den quantitativen und qualitativen Untersuchungen mit den Landwirten gezeigt hat, bereitet die komplizierte Handhabung der Technik vielen Landwirten Schwierigkeiten. 39,1 % der Firmen probieren dem entgegenzuwirken, indem sie versuchen die Technik bedienungsfreundlicher zu gestalten. Weitere Hilfestellungen beim Umgang mit der Technik bieten Fortbildungsseminare (34,8 %) und persönliche Beratungsgespräche (34,8 %).

Der zweite große Frageblock beschäftigt sich mit den Einschätzungen der Industrie zur Akzeptanzsituation von Precision Farming in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland. Die Vertreter der Firmen wurden gefragt, wie Precision Farming im Vergleich zu anderen technischen Neuerungen von den Landwirten angenommen wird. Etwa die Hälfte (53,9 %) stuft die vorhandene Akzeptanz beim Kunden als *mittel* ein (53,8 %), 30,8 % bezeichnen sie als *gut* und 15,4 %

bewerten sie als *schlecht*. Auf die Frage, ob sich die Akzeptanz gegenüber Precision Farming bei den Kunden seit der ersten Einführung dieser Technologie verbessert hat, antworten 58,7 % der Firmen mit *ja*. Ein Viertel der Vertreter war der Meinung, dass sich die Akzeptanz gegenüber Precision Farming im Vergleich zur Anfangszeit deutlich verschlechtert hat. Als Begründung für diese negative Einschätzung nannten die Interviewpartner die überhöhten Erwartungen der Landwirte an die Technik und die Enttäuschung vieler früher Nutzer über eine nicht funktionsfähige Technik. Die restlichen 16,7 % der Interviewpartner aus der Industrie konnten keine bzw. nur eine geringe Verbesserung bei der Akzeptanz gegenüber Precision Farming feststellen. Entsprechend dieser Ergebnisse ist ein überwiegender Teil der Firmenvertreter (56,3 %) der Meinung, dass sich die Technologie bisher *schlecht* verbreitet hat. Nur 6,25 % beurteilen die Verbreitung als *gut*, der Rest stuft sie als *mittel* ein. Demzufolge wird auch der zeitliche Transfer in die Praxis von 50 % der Interviewpartner als *langsam* empfunden.

Fragt man die Industrie nach den Ursachen für die bestehenden Akzeptanzhemmnisse, sieht der Großteil der Firmen die *hohen Investitionskosten* (34,8 %) und die gleichzeitig *unklaren Rentabilitätsaussagen* (34,8 %) als Haupthemmnisfaktoren für die bisher geringe Verbreitung von Precision Farming in Deutschland (vergleiche Abbildung 6.48).

Als weitere Ursachen gaben 30,4 % der Interviewpartner die *mangelnde Information* bei den Landwirten und den *zweifelhaften Nutzen* der Technologie an. Im Gegensatz zu den Ergebnissen in den quantitativen Umfragen mit den Landwirten, sahen nur wenige Vertreter der Industrie (13 %) in dem *hohen Einarbeitungsaufwand* eine Ursache für die geringe Akzeptanz. Vielmehr führte sie die geringe Akzeptanz unter anderem auf die momentane agrarpolitische Situation, auf negative Erfahrungsberichte von Pionieren sowie die übersteigerte Erwartung in diese Technologie zurück.

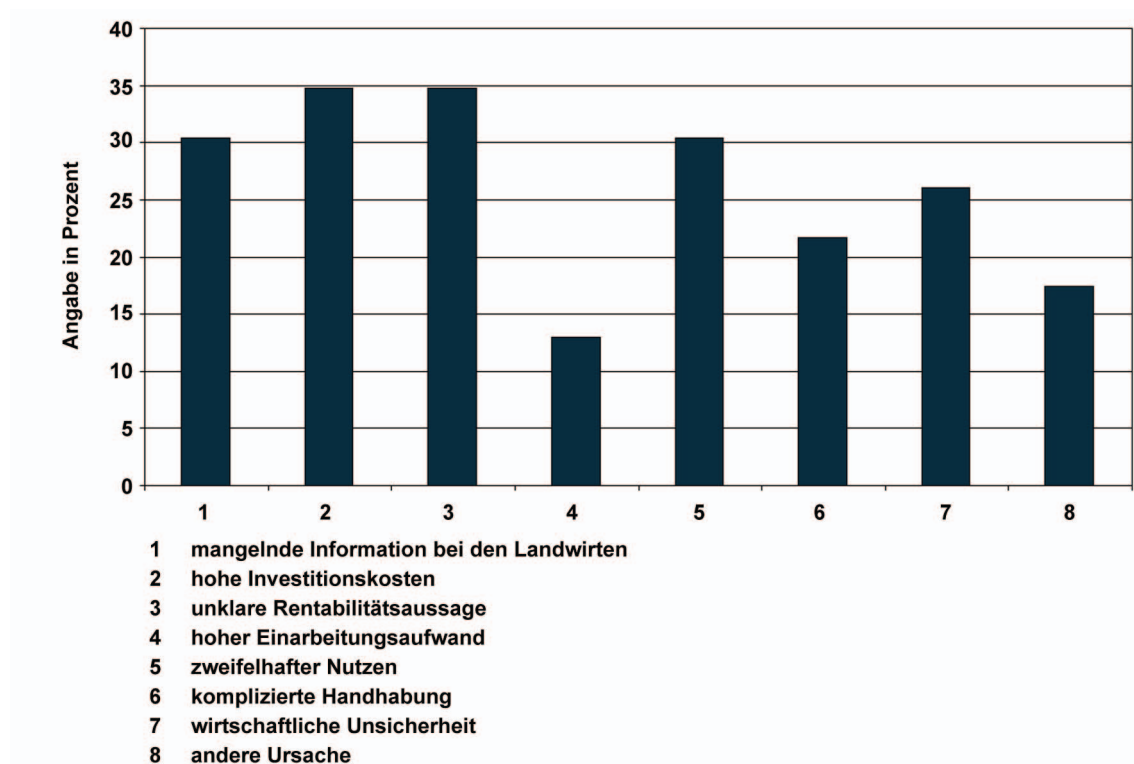


Abbildung 6.48: Ursachen für die bestehenden Akzeptanzhemmnisse gegenüber Precision Farming (Aussagen der Vertreter der Industrie)

Diejenigen Interviewpartner aus der Industrie, die bisher keine Technologie, Software oder Dienstleistungen im Precision Farming Bereich anbieten, wurden nach den Gründen befragt. Einer der Hauptgründe für die Unternehmen vorerst kein Precision Farming anzubieten, lag vorwiegend an dem jeweiligen Produktfeldern der Unternehmen (66,6 %), die sich nach ihrer Meinung nur begrenzt für eine Anwendung im Precision Farming Bereich eignen. Vorrangig kamen diese Firmen aus den Bereichen Pflugbau, Pflanzenschutztechnik und Erntetechnik sowie die Herstellung von Futtermengenmaschinen, Lade- und Silierwagen. Ein weiterer Grund, der von 44 % der Interviewpartner angeführt wurde, ist die zu kleine Gewinnspanne dieser Sparte. Hohe Entwicklungskosten stehen einer sehr kleinen Gruppe an potentiellen Käufern gegenüber, so dass sich ein Einstieg in Precision Farming zunächst nicht lohnt. Zudem ist der Markt nach Meinung einiger Firmenvertreter (11 %) bereits durch die vorhandenen Anbieter gesättigt.

6.2.2 Zukunftsaussichten für Precision Farming in Deutschland

Obwohl die Meinungen der Industrie hinsichtlich der Zukunftsfähigkeit von Precision Farming in Deutschland teilweise erheblich variieren, ist die Mehrheit der Befragten (71 %) jedoch der Meinung, dass Precision Farming eine Zukunft in Deutschland hat. Voraussetzung hierfür ist die Schaffung von mehr Kompatibilität zwischen den Maschinenkomponenten. Ferner sollte der bisher diskutierte Ansatz von Precision Farming neu überdacht werden und Aspekte wie *Vereinfachung der Schlagdokumentation* und *Arbeitserleichterung für den Landwirt* stärker berücksichtigt werden.

Andere Firmen (29 %) bescheinigen der Technologie keine Zukunft in der deutschen Landwirtschaft, was zum einen auf die regional sehr unterschiedlichen Strukturbedingungen in Deutschland zurückzuführen ist, zum anderen an den in der Vergangenheit erfolgten Fehlleitungen der Praxis liegt. So hat beispielsweise der immer neue Versuch, standardisierte Schnittstellen zu entwickeln, viele Landwirte entmutigt: zunächst wurde der LBS 1 als Standard etabliert, wenige Jahre später dann der LBS 2 und schließlich hat man den ISOBUS eingeführt. Allerdings konnte sich bislang keiner dieser Standards in der Industrie durchsetzen. Demzufolge ist die mangelnde Kompatibilität nach wie vor ein Problem. Ein zusätzlicher Faktor für die schlechten Zukunftsaussichten von Precision Farming in Deutschland ist das nach wie vor unbefriedigende Preis-Leistungsverhältnis dieser Technologie.

Neben den oben genannten Voraussetzungen, die für eine weitere Verbreitung von Precision Farming erfüllt sein müssen, wurden die Vertreter der Industrie gefragt, in welchen Bereichen sie zukünftig einen besonderen Entwicklungsbedarf sehen. Abbildung 6.49 gibt einen Überblick der Ergebnisse. Viele der Interviewpartner sehen auf dem Gebiet Pflanzenschutz weiteren Entwicklungsbedarf. Daneben wurden von den Firmen zahlreiche ergänzende Bereiche angeführt, in denen Forschungsbedarf besteht. Darin inbegriffen sind beispielsweise die Erntemengenerfassung für andere Kulturarten, das Flottenmanagement, die Aussaat sowie die teilflächenspezifische Berechnung.

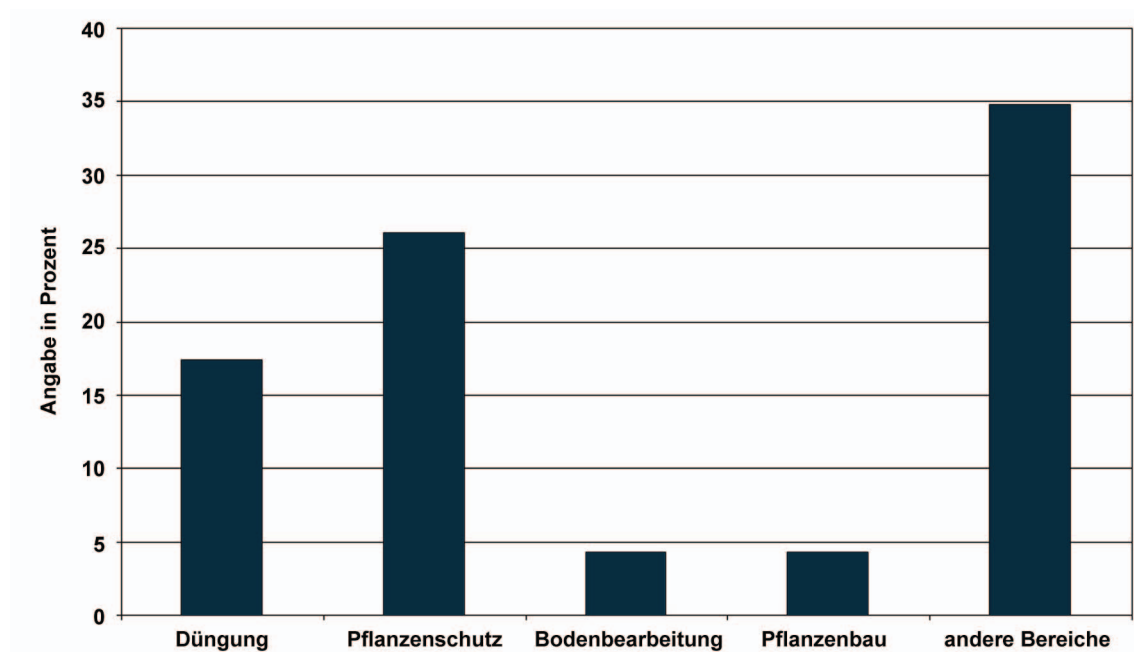


Abbildung 6.49: Bereiche, in denen weiterhin Entwicklungsbedarf besteht

6.3 Precision Farming in der Ausbildung zum Landwirt an Berufs- und Fachschulen

Als eine weitere wichtige Akteursgruppe im Bereich der Landwirtschaft wurden die Lehrer an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen interviewt. Ziel war es, Informationen über die schulische Ausbildung in Verbindung mit Precision Farming zu erhalten. Es wurde der Frage nachgegangen, welchen Umfang dieses Thema in der Ausbildung einnimmt, in welchen Bereichen ausgebildet wird und welche Prüfungsrelevanz dieser Themenkomplex hat.

6.3.1 Die Ausbildungssituation im Bereich Precision Farming an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen

Insgesamt wurden 89 Lehrer an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen im gesamten Bundesgebiet befragt. Ausnahme bilden die Stadtstaaten und das Saarland. Mehrheitlich verteilen sich die interviewten Schulen auf Niedersachsen (23), Bayern (23) und Baden-Württemberg (9). In den übrigen Bundesländern lag die Interviewbeteiligung bei maximal fünf Schulen pro Bundesland (vgl. Abbildung 6.50). Viele der interviewten Lehrer unterrichten die Fächer Pflan-

zenproduktion (42,7 %) und Agrarwirtschaft (31,5 %). Außerdem sind Lehrer der Fachrichtungen BWL/ VWL (21,3 %), Agrartechnik/ Landtechnik (15,7 %) und Tierproduktion (12,4 %) in der Studie berücksichtigt. Nur 10,1 % der Interviewpartner bilden im Bereich Computertechnik und Datenverarbeitung aus. Ein Lehrer gab an, speziell im Bereich Precision Farming zu unterrichten. Der überwiegende Teil der interviewten Lehrer gehört der Altersgruppe der 51 bis 60-jährigen (44,7 %) und der 41 bis 50-jährigen (40 %) an. Jüngere Lehrkräfte in der Altersklasse zwischen 20 und 30 (1,2 %) bzw. 31 und 40 Jahren (7,1 %) sind in der Umfrage kaum vertreten. 85 % der Interviewpartner haben einen Hochschulabschluss, 5,8 % absolvierten eine Ausbildung zum staatlich geprüfter Landwirt, 4,7 % haben einen Meisterabschluss und 3,5 % einen Abschluss als staatlich geprüfter Agrarbetriebswirt. Bedingt durch die Altersstruktur des Lehrpersonals war Precision Farming bei 94,4 % der Interviewpartner nicht Bestandteil der eigenen Ausbildung.

Dennoch war 86,5 % der Befragten der Begriff Precision Farming und die damit verknüpften Technologien bekannt. Auf die Frage, wie sie sich über Precision Farming informiert haben, gaben 78,8 % landwirtschaftlichen Fachzeitschriften, 43,8 % Messen und 29,2 % das Internet als Informationsquelle an (vgl. Abbildung 6.51). Mit Blick auf die Ausbildung junger Landwirte wird das Thema Precision Farming von den meisten Lehrern als *hilfreich* (47,2 %) eingestuft; 33,7 % stufen es als eine absolute *Notwendigkeit* für die Ausbildung ein. Nur 6,7 % der Lehrer halten eine Berücksichtigung von Precision Farming Themen in der Ausbildung für *überflüssig*.

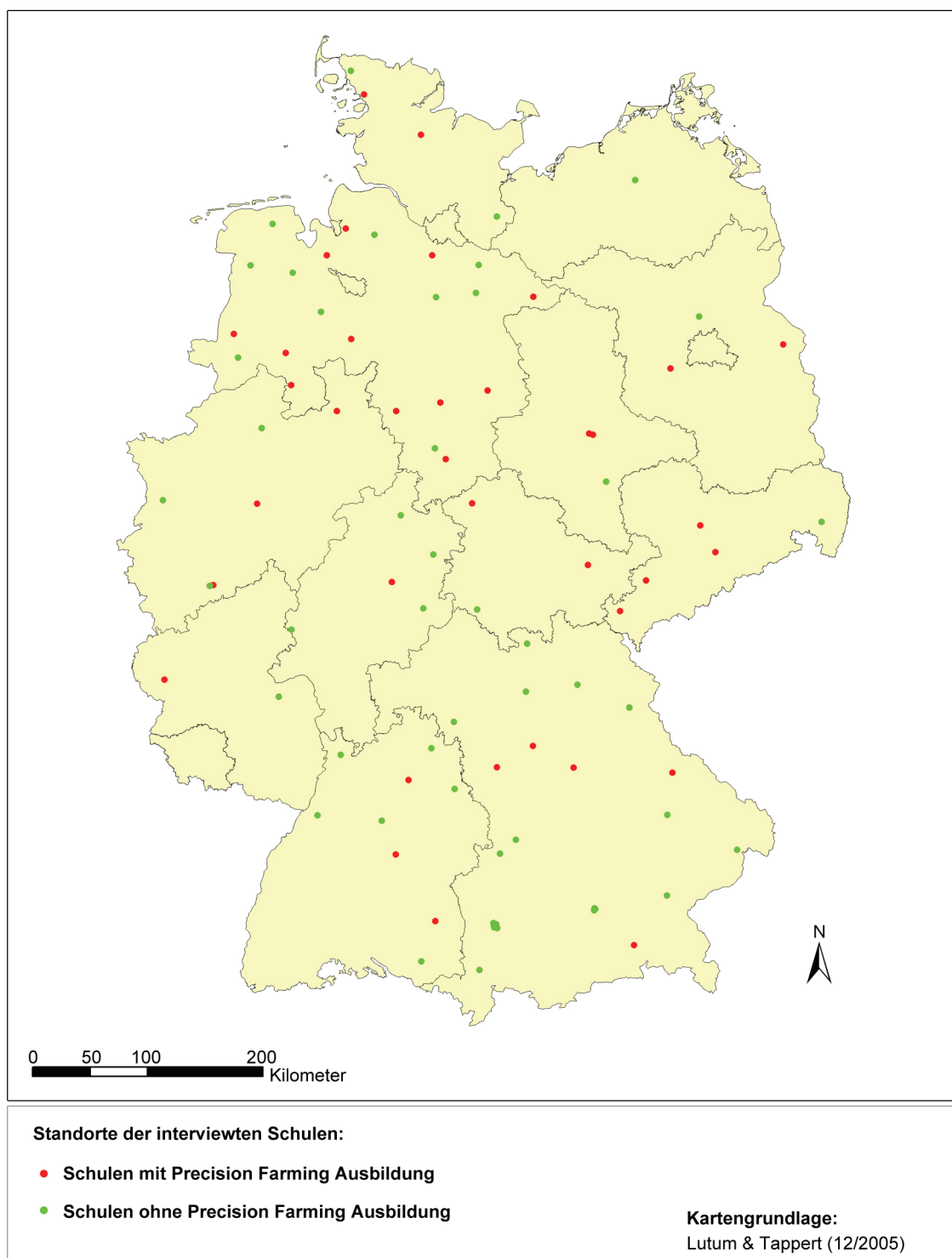


Abbildung 6.50: Räumliche Verteilung der interviewten Schulen

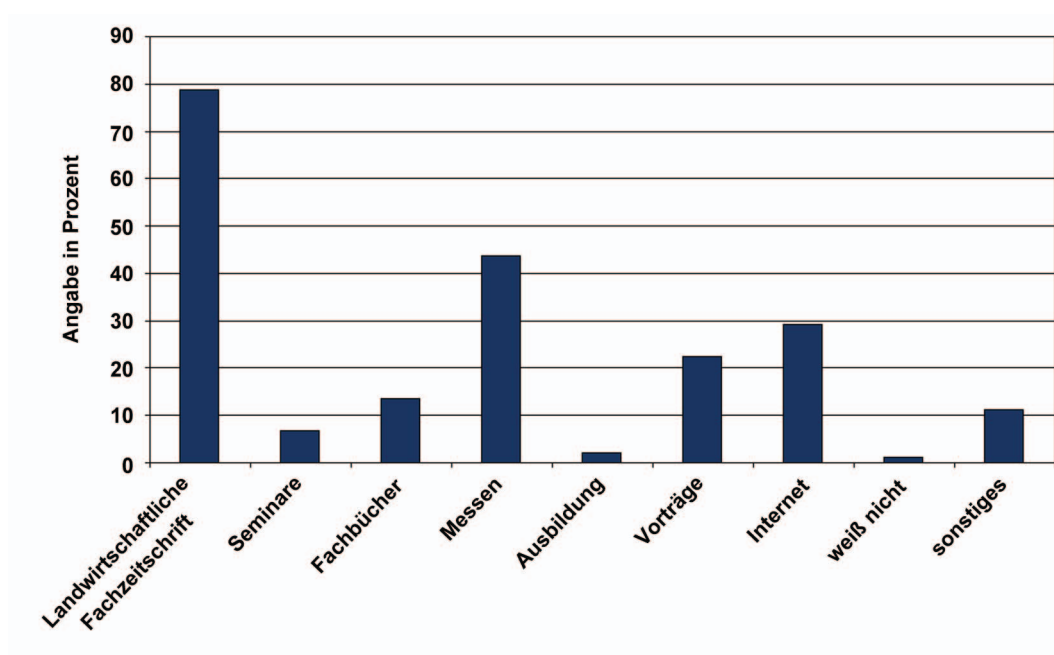


Abbildung 6.51: Informationsquellen, mit denen sich die Lehrer über Precision Farming informiert haben

Dessen ungeachtet ist bei dem Großteil der interviewten Schulen (57,3 %) Precision Farming bisher noch nicht Bestandteil des Lehrplans. Von den 41,6 % der Schulen, die bereits eine Ausbildung im Precision Farming Bereich anbieten, verteilt sich der Hauptanteil auf die Bundesländer Niedersachsen, Schleswig-Holstein und - mit Ausnahme von Mecklenburg-Vorpommern – auf die ostdeutschen Bundesländer (vgl. Abbildung 6.50). Die meisten Schulen haben in den Jahren 2002 und 2003 angefangen, Unterrichtsinhalte zu Precision Farming zu vermitteln (vgl. Abbildung 6.52).

Der Umfang, den dieses Thema im Unterricht einnimmt, ist jedoch bisher sehr gering und beschränkt sich weitestgehend auf kleine Referate (37,1 %) und Einzelvorträge (16,9 %), in denen den Schülern ein Überblick über die wichtigsten Precision Farming Technologien vermittelt wird. Häufig werden dabei in erster Linie Themen wie die teilflächenspezifische Düngung mit dem N-Sensor (43,8 %), die satellitengestützte Ortsbestimmung mit GPS (39,3 %), die GPS-Ertragskartierung (37,1 %) und die teilflächenspezifische Grunddüngung (32,6 %) vermittelt (vgl. Tabelle A.3 im Anhang).

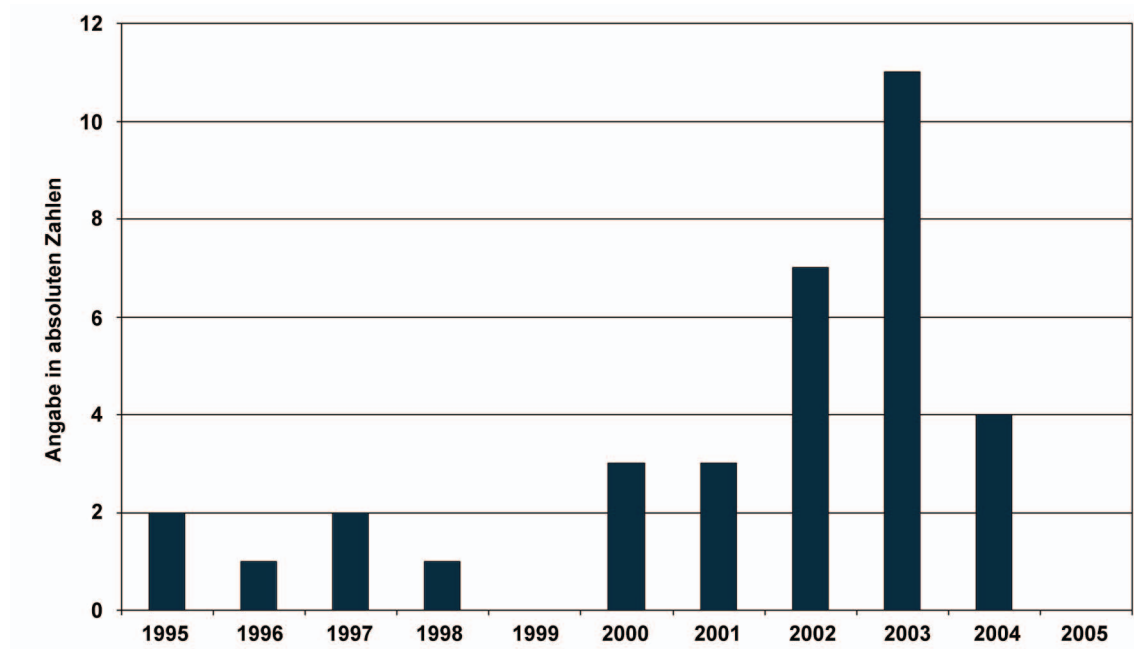


Abbildung 6.52: Zeitpunkt, seit wann die Schulen im Precision Farming Bereich ausbilden

Die Unterrichtsinhalte werden überwiegend vom eigenen Lehrpersonal (54,9 %) unterrichtet. Einige Schulen laden Experten aus der Industrie (16,9 %) oder Vertreter der Landwirtschaftskammer (9,86 %) ein, die über Precision Farming Themen referieren. Entsprechend dem geringen Umfang von Precision Farming in der Ausbildung junger Landwirte, ist dieses Thema auch bei 89,9 % der Schulen nicht prüfungsrelevant. Nur 9 % der Schulen fragen Inhalte zu Precision Farming im Rahmen von Klausuren (62,5 %) und Abschlussprüfungen (50 %) ab. Jedoch hat nach Meinung von 44,9 % der Lehrer der Umfang von Precision Farming Themen in der Ausbildung in den letzten 5 Jahren zugenommen. Insbesondere in den Bereichen Pflanzenproduktion (27,5 %), Düngung (15 %) und Landtechnik (15 %) wird Precision Farming zunehmend angesprochen.

Der überwiegende Teil der interviewten Lehrer (64 %) empfindet den bisherigen Umfang, den Precision Farming im Unterricht einnimmt, als zu wenig und erachtet es daher als *notwendig*, die Unterrichtsinhalte in diesem Themenbereich zukünftig auszuweiten. Im Gegensatz dazu sind 28,1 % der Meinung, dass eine Ausweitung des Unterrichts diesbezüglich *unnötig* ist, da der aktuelle Anteil an Schülern, die ihre Berufsausbildung auf Betrieben absolvieren, in denen Preci-

sion Farming Technologien zum Einsatz kommen, gering ist. Nur 38,6 % der Lehrer haben Schüler in ihren Klassen, die Precision Farming Technologien in ihrer betrieblichen Ausbildung anwenden. Der prozentuale Anteil der Schüler, die Precision Farming Technologien in der betrieblichen Ausbildung anwenden, liegt zwischen 5 % und 10 %. Bei einem der interviewten Lehrer betrug der Anteil 50 %.

In der schulischen Ausbildung zu Precision Farming wird von den meisten Lehrern (76,4 %) bisher eigenes Material für den Unterricht zusammengestellt, da nur an wenigen Einrichtungen (21,3 %) Unterrichtsmaterialien zu diesem Thema vorhanden sind. Für die Zusammenstellung der Materialien verwenden die Lehrer in erster Linie Artikel aus Fachzeitschriften (40,5 %), Anschauungsmaterial der Industrie (32,4 %) und Berichte aus dem Internet (24,3 %) (vgl. Tabelle A.4 im Anhang). Daher besteht bei einem Großteil aller Befragten (87,6 %) ein Bedarf an geeignetem Lehrmaterial zu Precision Farming.

6.3.2 Kriterien für eine Verbesserung der schulischen Ausbildung im Bereich Precision Farming

Die Lehrer befürworten mehrheitlich eine Ausweitung und Verbesserung der Ausbildung zu Precision Farming. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür sehen die Meisten (40,9 %) in der Entwicklung geeigneter Unterrichtsmaterialien, die auf das Bildungsniveau an Berufs- und Fachschulen abgestimmt sind. Es wurde vorgeschlagen, Folien bzw. Powerpoint-Vorträge für den Unterricht zu entwickeln. Des Weiteren wünschten sich viele der Befragten (25 %) eine Lehrerfortbildung speziell zu Precision Farming Themen. Auch die Einbeziehung von Praxisbetrieben (25 %) und die Aufnahme von Precision Farming Themen in den Lehrplan (9,1 %) wurden genannt. Ein Teil der Interviewpartner (4,5 %) war der Ansicht, dass die Verbesserung der Computerausstattung an den Schulen eine Notwendigkeit ist, um die Schüler auf den Umgang mit Precision Farming Technologien vorzubereiten. Nur ein geringer Anteil (9,1 %) war hingegen der Meinung, dass Precision Farming nicht zu der bisherigen Unterrichtsstruktur passt. (vgl. Abbildung 6.53).

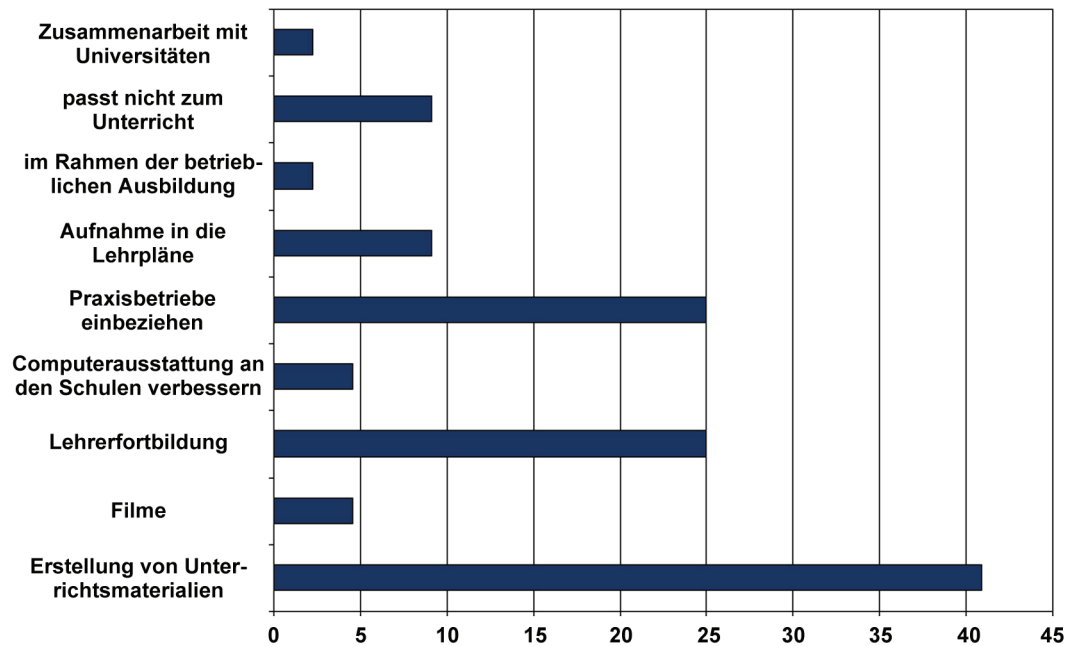


Abbildung 6.53: Voraussetzungen zur Verbesserung der Ausbildung zu Precision Farming an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen, Angabe in Prozent

6.4 Precision Farming als Bestandteil der landwirtschaftlichen Offizialberatung

Darüber hinaus wurde die Akteursgruppe der Berater interviewt. Aufgrund ihrer Beratungsfunktion stehen sie im engen Austausch mit den Landwirten. Häufig sind sie sehr gut über deren wirtschaftliche Situation informiert und haben folglich gute Voraussetzungen, den Landwirt über Precision Farming zu beraten. Ziel dieser Umfrage war es daher, den Informationsstand der Berater zu Precision Farming abzufragen und zu erfahren, in welchem Umfang dieses Thema Bestandteil der Offizialberatung ist.

Zu diesem Zweck wurden 89 Berater im gesamten Bundesgebiet, mit Ausnahme der Stadtstaaten Hamburg, Berlin und Bremen, interviewt. Der mit Abstand größte Teil an Interviewpartnern kam aus Nordrhein-Westfalen (21), Hessen (11) und Bayern (10) (vgl. Abbildung 6.54).

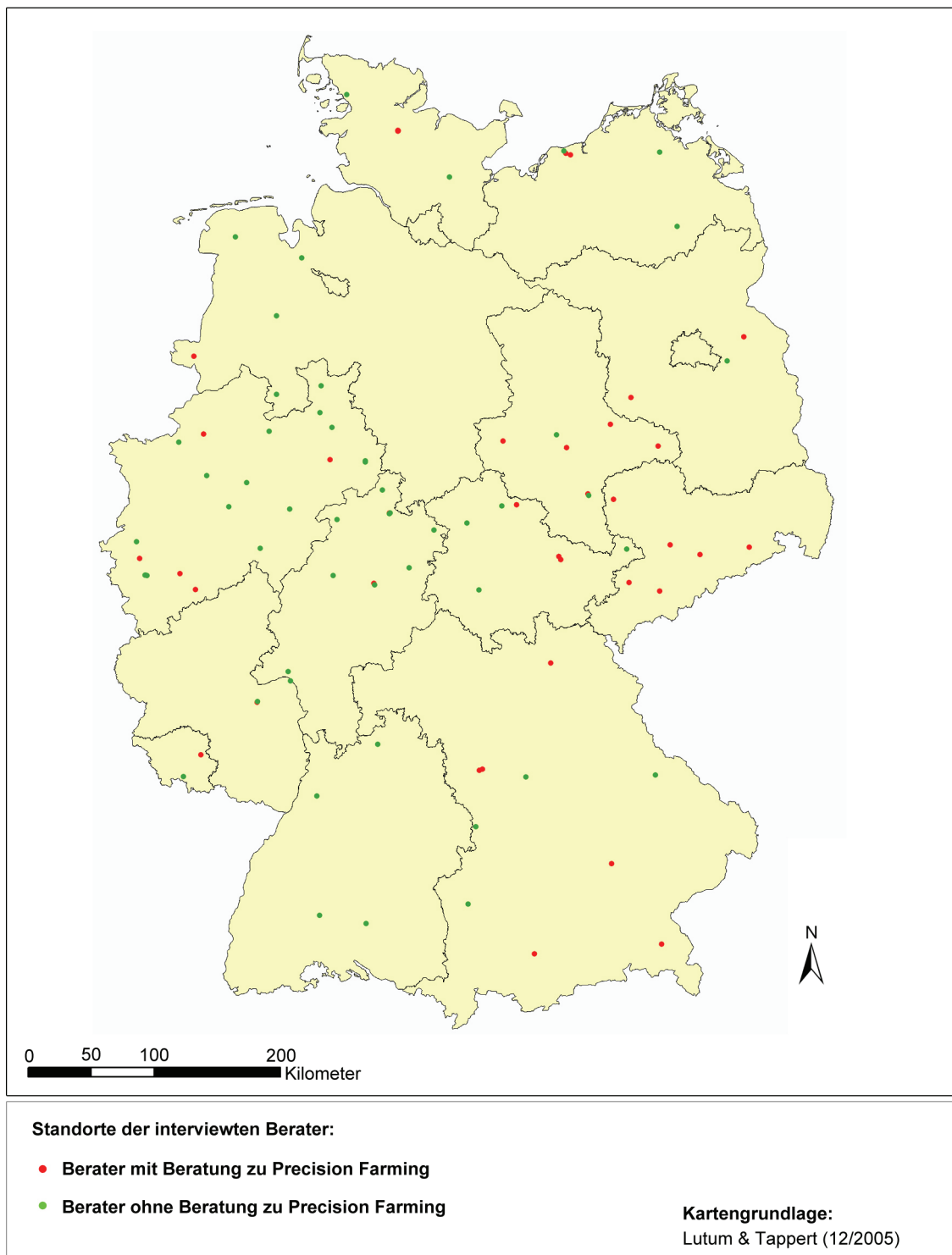


Abbildung 6.54: Räumliche Verteilung der interviewten Berater

Der Großteil der Berater (58,4 %) arbeitet für die Landwirtschaftskammer, alle weiteren sind selbstständig tätig. Die jeweiligen Beratungsleistungen untergliedern sich zu 49,4 % in den Bereich Pflanzenbau, zu 31,5 % in den Bereich Pflanzenschutz und zu je 15,7 % in die Bereiche Bodenschutz und Landtechnik.

Die Interviewgruppe der Berater verfügt über einen sehr hohen Bildungsstand: 51,7 % haben einen Universitätsabschluss zum Agraringenieur, 40,4 % einen Fachhochschulabschluss, 6,7 % einen Abschluss als staatlich geprüfter Agrarbetriebswirt und 2 % haben einen Meisterabschluss. Dennoch sind nur wenige Berater (14,6 %) im Rahmen ihrer eigenen beruflichen Ausbildung im Bereich Precision Farming ausgebildet worden. Die Mehrheit informierte sich über Precision Farming vor allem in Fachzeitschriften (91 %), auf Messen (48,2 %), durch den Besuch von Vorträgen (47,2 %) und im Internet (39,2 %). Zum Zeitpunkt der Umfrage boten 41,6 % der Interviewpartner bereits eine Beratung zu Precision Farming an. Die Mehrheit (58,4 %) hingegen war abgeneigt, dieses Thema als festen Bestandteil in die Beratung zu implementieren. Beratungen über Precision Farming werden verstärkt in den ostdeutschen Bundesländern angeboten, wo auch die Mehrheit der Precision Farming Nutzer sitzt. In den westdeutschen Bundesländern findet dagegen nur vereinzelt eine Beratung zu diesem Thema statt (vgl. Abbildung 6.54). Die bevorzugte Beratungsvariante (87,5 %) ist das persönliche Beratungsgespräch. Darüber hinaus bieten 53,9 % der Berater Vorträge zu Precision Farming Themen, halten Seminare (27 %) im Bereich Precision Farming ab oder informieren die Landwirte (7,9 %) anhand von Prospekten. Dabei geht die Initiative für ein Beratungsgespräch in den meisten Fällen (79,8 %) von den Landwirten selber aus.

Auf die Frage, wie hoch die Berater den aktuellen Beratungsbedarf in diesem Bereich einstufen, antworteten 41,6 % mit *gering*, 40,4 % mit *mittel* und nur 21,3 % stufen ihn als *hoch* ein. Als Begründung für diese Einschätzung wurde von Seiten der Berater mehrheitlich (75,3 %) angeführt, dass bei den Landwirten nur ein *geringes* bzw. *kein* (7,9 %) Interesse an diesem Thema vorhanden sei. Nur 22,5 % der Berater sehen ein *großes Interesse* seitens der Landwirte an dieser Technologie. Die Ursachen für das geringe Interesse der Landwirte liegen nach Meinung der Berater, vor allen Dingen an den hohen Investitionskosten für die Technik (68,5 %), den bisher unklaren Rentabilitätsaussagen (56,1 %) und den zu kleinen Flächengrößen bei der Mehrzahl der Betriebe (62,9 %) (vgl. Abbildung 6.55)

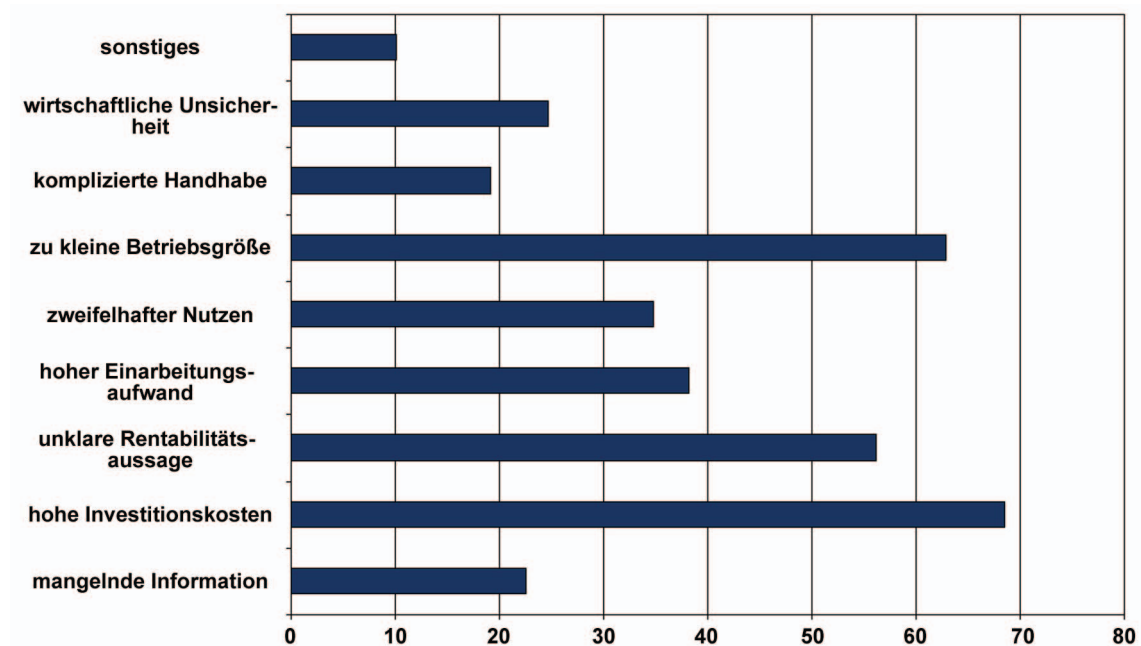


Abbildung 6.55: Ursachen für das geringe Interesse der Landwirte an Precision Farming nach Einschätzung der Berater, Angabe in Prozent

Die Interviewpartner wurden nach ihrer Einschätzung gefragt, wo die Schwachstellen bei Precision Farming liegen und wie sich die Technologie seit ihrer Einführung im Hinblick auf diese Schwachstellen weiter entwickelt hat. Mehrheitlich sehen die Berater in der *mangelnden Kompatibilität* (61,8 %) und dem *hohen Zeitaufwand* (59,6 %) die wesentlichen Schwachstellen beim Einsatz von Precision Farming. Andere Ursachen beruhen auf den *schlechten Beschreibungen der Software* (23,6 %) und dem *Fehlen von Landmaschinen für spezielle Aufgaben* (22,5 %). Darüber hinaus sah ein Teil der Interviewpartner (16,9 %) eine weitere Schwachstelle in der *schlechten Beratung* der Landwirte (vgl. Abbildung 6.56). Neben diesen vorgegebenen Antwortmöglichkeiten führten die Berater unter *Sonstiges* die *komplizierte Auswertung der Daten* an. Diese gestaltet sich insbesondere bei denjenigen Landwirten schwierig, die kaum über detaillierte pflanzenbauliche Kenntnisse verfügen. Zudem variieren die Daten aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse von Jahr zu Jahr erheblich, so dass die Auswertung der Daten hierdurch zusätzlich erschwert wird. Im Hinblick auf diese Schwachpunkte hat sich Precision Farming seit seiner Einführung nach Auffassung der Mehrheit der Berater (67,4 %) nur *mittel* weiter entwickelt. Ein Teil von ihnen (6,7 %) vertritt sogar den Standpunkt, dass sich Precision Far-

ming im Hinblick auf seine Schwachstellen bisher gar nicht weiter entwickelt hat. Nur 14,6 % sehen eine positive Weiterentwicklung von Precision Farming seit der ersten Markteinführung. 77,5 % konnten aus ihrer Beratungstätigkeit berichten, dass die Landwirte nach wie vor mit erheblichen Schwierigkeiten bezüglich der Kompatibilität zwischen den verschiedenen Technikkomponenten zu kämpfen haben. Ähnlich verhält es sich nach Ansicht vieler Berater (55,6 %) mit der Bedienungsfreundlichkeit der Software, die für die meisten Landwirte ebenfalls eine Herausforderung darstellt. Auf die Frage, wie sie die Zukunftsfähigkeit von Precision Farming in Deutschland beurteilen, stufen 25,8 % der Berater diese als *hoch*, 67,4 % stufen sie als *mittel* und 13,5 % stufen sie als *gering* ein.

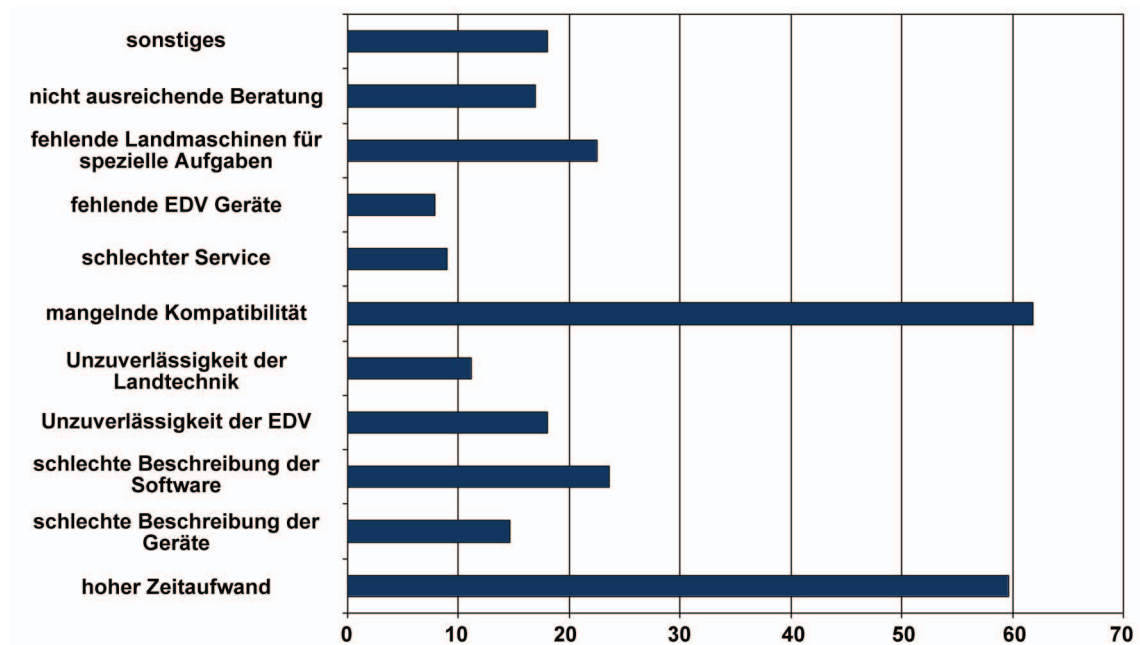


Abbildung 6.56: Schwachstellen im Precision Farming System, Aussage der Berater

7 Precision Farming in Deutschland – aktuelle Situation

In den bisherigen nationalen sowie internationalen Akzeptanzstudien zu Precision Farming liegt der Untersuchungsschwerpunkt bei der Erfassung der vorherrschenden Akzeptanzmuster und sozioökonomischen Eigenschaften der Nutzergruppe. Erklärungsansätze für die vorliegenden Akzeptanzmuster werden in diesen Studien fast ausschließlich auf die sozioökonomischen Eigenschaften der Adoptorengruppe beschränkt (vgl. ARNHOLT ET AL. 2001; DABERKOW & MCBRIDE 2000; DABERKOW & MCBRIDE 2003; PEDERSEN ET AL. 2004; BONGIOVANNI & LOWENBERG-DEBOER 2006; COOK ET AL. 2006; LOWENBERG-DEBOER 2003). Modelltheoretische Ansätze aus der Diffusionsforschung hingegen (vgl. HÄGERSTRAND 1952; HÄGERSTRAND 1970; ROGERS 2003; WINDHORST 1983), die neben den sozioökonomischen Faktoren auch soziale sowie raumzeitliche Aspekte bei der Diffusion untersuchen, fanden bisher kaum Berücksichtigung. Von denen dem Autor bekannten Akzeptanzstudien im Precision Farming Bereich berücksichtigen insgesamt zwei den modelltheoretischen Kontext der Diffusionsforschung und erfassen in ihren Akzeptanzuntersuchungen ebenfalls soziale Faktoren (vgl. KUTTER T. 2009; WALTON J. C. ET AL. 2010). Raumzeitliche Aspekte werden jedoch auch in diesen beiden Studien nicht berücksichtigt, da es sich bei beiden Arbeiten um Einzeluntersuchungen handelt. Im Unterschied zu diesen Untersuchungen wurden in der vorliegenden Arbeit die verschiedenen sozialen, sozioökonomischen und raumzeitlichen Aspekte, welche die Diffusion von Precision Farming in der deutschen Landwirtschaft bestimmen, im Detail erfasst. Die in Kapitel 6 aufgeführten Einzelergebnisse werden im Folgenden im Hinblick auf vorhandene Akzeptanzmuster, den Diffusionsprozess von Precision Farming in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland sowie die inneren und äußeren Adoptionsfaktoren zusammenfassend dargestellt. Die Ergebnisse werden mit denen anderer Akzeptanzstudien über Precision Farming verglichen und vor dem modelltheoretischen Kontext der vorgestellten Diffusionstheorien diskutiert.

7.1 Akzeptanzmuster und -hemmnisse

Wie die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, verlief und verläuft der Diffusionsprozess von Precision Farming in Deutschland, im Vergleich zu den bisherigen Entwicklungen in Ländern wie den USA und Kanada, aber auch im Vergleich zu anderen europäischen Ländern, verzögert (vgl. AKRIDGE & WHIPKER 2008; ARNHOLT ET AL. 2001; BLACKMORE ET AL. 2006; DABERKOW & MCBRIDE 2000; FOUNTAS 1998; FOUNTAS ET AL. 2005a; GRUSY 2003; LOWENBERG-DEBOER 2003; PEDERSEN ET AL. 2004; REIDELSTÜTZ ET AL. 2006; REICHARDT & JÜRGENS 2007; REICHARDT & JÜRGENS 2009; SWINTON & LOWENBERG-DEBOER 2001). Während sich Precision Farming in den USA und Kanada bereits ab Anfang der 1990er Jahre langsam verbreitet hat, setzte dieser Prozess in Europa erst verzögert ab Mitte der 1990er Jahre ein (PEDERSEN 2003). Dementsprechend gering war der weltweite Verbreitungsgrad von Precision Farming zu Beginn des neuen Jahrtausends (BLACKMORE 2001): Schätzungsweise lag der Diffusionsprozess in Nordamerika zu dieser Zeit am Übergang von der 2. Phase der *frühen Adoptoren* zur 3. Phase der *frühen Mehrheit*, wohingegen sich dieser in Europa deutlich verzögert am Übergang von der 1. Phase der *Innovatoren* zur 2. Phase der *frühen Adoptoren* befand (vgl. Abbildung 7.1). Die Diffusion von Precision Farming in Deutschland stand hingegen noch ganz am Anfang, wie die eigenen Untersuchungsergebnisse belegen (vgl. Tabelle 6.1 und Abbildung 6.3).

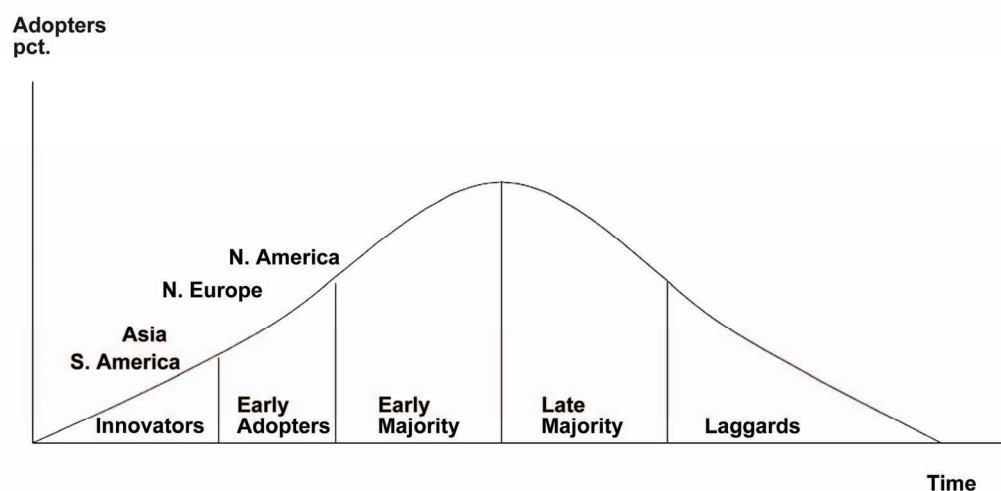


Abbildung 7.1: Global Adoption of precision farming practices

Quelle: BLACKMORE (2001) in (PEDERSEN 2003, S. 36)

Der Anteil der Landwirte, die zu dieser Zeit bereits verschiedene Precision Farming Technologien in ihren Betrieben eingesetzt haben, lag bei 6,65 %, wohingegen der Nutzeranteil in England und Dänemark schätzungsweise schon bei 10 - 15 % lag (vgl. BLACKMORE ET AL. 2006; FOUNTAS 1998; PEDERSEN 2003). Über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007 hat der Anteil der Precision Farming Nutzer kontinuierlich zugenommen ($r = 0,84$; $r^2 = 0,70$) und lag 2007 bei 9,5 %. Diese Zahl ist immer noch vergleichsweise gering. In Bezug auf den Verbreitungsgrad von Precision Farming in den verschiedenen Ländern muss jedoch berücksichtigt werden, dass die prozentualen Angaben jeweils auf empirischen Untersuchungen beruhen. Diese Studien unterscheiden sich durch ihr Forschungsdesign¹⁶ sowie durch unterschiedliche Stichprobengrößen und Stichprobenzusammensetzungen voneinander, so dass eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse nur eingeschränkt möglich ist (vgl. GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005). Dennoch bieten sie die einzige Datengrundlage, auf deren Basis der Verbreitungsgrad von Precision Farming geschätzt und verglichen werden kann.

In der vorliegenden Untersuchung lassen sich insbesondere die Ergebnisse von der Agritechnica mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die aktuelle Akzeptanzsituation von Precision Farming in Deutschland übertragen. Aufgrund des weitgefächerten Ausstellerspektrums ist ein breites Fachpublikum zu gegen, das die verschiedenen Bereiche sowie Betriebsgrößenstrukturen der deutschen Landwirtschaft repräsentiert. Dagegen sind die DLG-Feldtage eine auf Pflanzenbau spezialisierte Fachmesse, mit einem infolgedessen höheren Anteil an Precision Farming Nutzern. Daher lassen sich diese Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die allgemeine Akzeptanzsituation in der deutschen Landwirtschaft übertragen. Dennoch stimmen sie in den zentralen Aussagen mit denen der Agritechnica überein und wurden in der Auswertung berücksichtigt.

Bezogen auf die Ergebnisse der Agritechnica-Untersuchungen, liegt der durch Precision Farming Technologien bewirtschaftete Flächenanteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in etwa zwischen 20 % und 30 %. Diese Zahlen

¹⁶ Bei der Mehrheit der Untersuchungen wurden ausschließlich Landwirte interviewt, die bereits verschiedene Precision Farming Technologien nutzten. Einige Studien zählen Parallelfahrssysteme und automatische Lenksysteme zu den Precision Farming Technologien, wohingegen andere diese nicht dazu zählen etc.

entsprechen dem durch die Interviewgruppe F (Nutzer) bewirtschafteten Flächenanteil, bezogen auf den Gesamtflächenumfang der Stichproben in den verschiedenen Umfragejahren (26,9 % (2001), 21,72 % (2005), 23,71 % (2005), 40,13 % (2006) und 30,71 % (2007)). Demzufolge relativiert sich der geringe Nutzeranteil. Dieses Verhältnis eines geringen Nutzeranteils gegenüber einem deutlich höheren Flächenanteil zeigt sich auch in vergleichbaren Studien aus den USA (vgl. DABERKOW & McBRIDE 2000; VANACHT 2008)

Entsprechend dem geringen Verbreitungsgrad zu Beginn des Untersuchungszeitraumes, verlief der gesamte Diffusionsprozess im Vergleich zu Ländern wie Dänemark, Schweden und England deutlich verzögert (vgl. BLACKMORE ET AL. 2006; FOUNTAS 1998; FOUNTAS ET AL. 2005b; PEDERSEN ET AL. 2001; PEDERSEN ET AL. 2004). So zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass nur einzelne Betriebe bereits Anfang der 1990er Jahre erste aus den USA importierte Precision Farming Technologien auf ihren Betrieben eingesetzt haben (mündliche Auskunft Landwirt 10 aus Mecklenburg-Vorpommern). Die Mehrheit der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) hat erst 10 Jahre später im Jahr 2000 angefangen, sich mit dieser Technologie zu befassen. Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, ist die Zahl der Neueinführungen einzelner Technologien im Zeitraum von 1995 bis 2000 sprunghaft angestiegen und hat ihr Maximum im Jahr 2000 erreicht. Danach ist die Zahl der Neueinführungen bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes 2007 kontinuierlich zurückgegangen (vgl. Abbildung 6.24). Diese rückläufigen Entwicklungen nach 2000, bei einer gleichzeitig kontinuierlichen Zunahme des prozentualen Anteils der Interviewgruppe F (Nutzer), könnten darauf zurückgeführt werden, dass viele Landwirte zunächst über mehrere Jahre Daten ihrer Ackerflächen sammeln, bevor sie die gewonnenen Informationen in Form einer variablen Bewirtschaftung umsetzen. Eine solche Vorgehensweise würde dem Systemansatz von Precision Farming entsprechen, bei dem auf Grundlage detaillierter Flächeninformationen Bewirtschaftungsentscheidungen getroffen werden.

Dieser Eindruck bestätigt sich in den vorliegenden Akzeptanzmustern. So sind es vor allen Dingen die Daten erfassenden Methoden (GPS-Flächenvermessung, GPS-Bodenbeprobung und GPS-Ertragskartierung), die von der Mehrheit der Nutzer in den quantitativen sowie in den qualitativen Untersuchungen angewendet werden (vgl. Abbildung 6.19 und Abbildung 6.20). Metho-

den, welche die gewonnenen Flächeninformationen in Form einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung in der Ackerfläche umsetzen, sind in der landwirtschaftlichen Praxis Deutschlands bisher kaum verbreitet. Ihr prozentualer Anteil liegt in allen Umfragen unter 25 % (vgl. Abbildung 6.19 und Abbildung 6.20). Da insbesondere die Ertragsdaten aufgrund unterschiedlicher Witterungseinflüsse von Ernte zu Ernte zum Teil erheblich variieren können, ist es erforderlich, über mehrere Jahre Daten zu sammeln. Idealerweise sollten Ertragsdaten von fünf bis sieben Jahren des gleichen Schlages vorliegen, um gesicherte Angaben über die verschiedenen Ertragszonen (Hoch- bis Niedrigertragszonen) machen zu können (GEBBERS 2004). Da in den quantitativen Untersuchungen die Mehrheit der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) erst 2000 mit der Einführung von Precision Farming Technologien auf ihren Betrieben begonnen hat, verzögert sich die Einführung von VR Technologien entsprechend um bis zu 7 Jahre. Daher ist davon auszugehen, dass der Anteil an VR Technologien zukünftig ansteigen wird. Die in Abbildung 6.24 dargestellten Ergebnisse zu den Einstiegszeitpunkten der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) bestätigen diesen Trend. Zwar überwiegen bei den Neueinführungen im Verhältnis die Methoden zur Datenerfassung, jedoch hat der Anteil der VR Technologien seit 2000 kontinuierlich zugenommen. Darüber hinaus bestätigt sich diese Annahme in den Angaben der Landwirte zu den von ihnen verwendeten Precision Farming Methoden: während anfangs (2001) die Mehrheit der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) ausschließlich Daten erfassende Methoden nutzte, hat der Anteil der Landwirte, die auch VR Technologien in ihren Betrieben einsetzen, seit 2001 kontinuierlich zugenommen und bildete in der Umfrage 2007 knapp die Mehrheit (vgl. Tabelle 6.15). Zudem gaben die Landwirte auf die Frage nach der Einführung weiterer Methoden überwiegend an, zukünftig verstärkt VR Technologien einführen zu wollen (vgl. Abbildung 6.22). Ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Einstiegsreihenfolge zeigen die Expertengespräche. Dabei gaben 18 von 29 Experten an, zunächst über Jahre hinweg teilflächenspezifische Daten gesammelt zu haben, bevor die erhobenen Informationen durch eine variable Bewirtschaftung auf der Fläche umgesetzt wurden (vgl. Abbildung A.3 im Anhang). Diese in Deutschland vorliegenden Akzeptanzmuster entsprechen weitestgehend denen anderer Länder. Dabei haben sich insbesondere die GPS-Ertragskartierung und die GPS-Bodenbeprobung weltweit bis heute am stärks-

ten verbreiten können (vgl. ARNHOLT ET AL. 2001; COOK ET AL. 2006; FOUNTAS ET AL. 2005a; FOUNTAS ET AL. 2005b; GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER 2005; PEDERSEN ET AL. 2004).

In Bezug auf die Nutzung von VR Technologien zeigen die Ergebnisse der quantitativen sowie der qualitativen Untersuchungen, dass die differenzierte Grunddüngung vom Großteil der interviewten Landwirte genutzt wird (vgl. Abbildung 6.19 und Abbildung 6.20). Weitere VR Technologien, die verstärkt von den Landwirten eingesetzt wurden, sind die differenzierte Stickstoff Düngung mit und ohne Sensor und der differenzierte Pflanzenschutz. Im Gegensatz dazu wird die variable Aussaat nur von wenigen Landwirten in den quantitativen Untersuchungen und von keinem der Experten genutzt (vgl. Abbildung 6.19 und Abbildung 6.20).

Die aufgezeigten Entwicklungen, mit einer zunehmenden Verbreitung von VR Technologien im Bereich Düngung und Pflanzenschutz, sind unter anderem auf die Preisentwicklungen am Weltmarkt zurückzuführen. Seit Anfang der 1990er Jahre haben die Ausgaben für Pflanzenschutzmittel und Düngemittel kontinuierlich zugenommen, während der Weltmarktpreis für Getreide abgenommen hat (vgl. Abbildung 7.2). Neben den Kosten für Treibstoffe sind es die Ausgaben für Dünge- und Pflanzenschutzmittel, die den Großteil der betrieblichen Produktionskosten ausmachen. Hinzu kommt, dass mit Inkrafttreten der EU Agrarreform 2005 die Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse verstärkt dem Angebots- und Nachfrageverhältnis am Weltmarkt unterliegen (BREKER 2005).

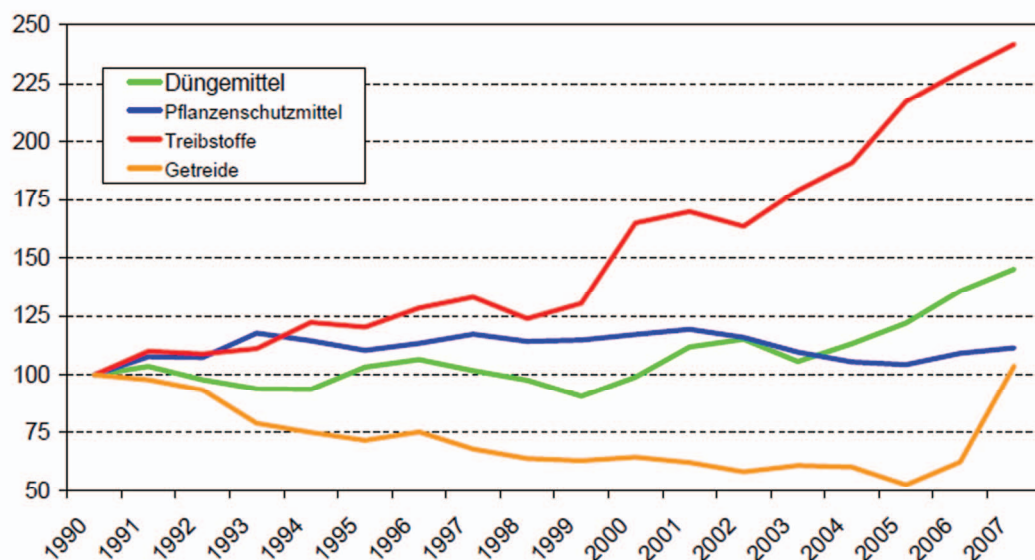


Abbildung 7.2: Entwicklung der Preisindizes für Getreide und ausgewählte Betriebsmittel

Quelle: (PAHL Dezember 2007)

Als Konsequenz haben die Landwirte ein zunehmend größeres Interesse an Kosten einsparenden Technologien und einer Ökonomisierung ihrer Produktion. Daher ist zukünftig von einem verstärkten Einsatz von VR Technologien, insbesondere bei der Stickstoff Düngung, sowie von einem verstärkten Einsatz von Parallelfahrssystemen und automatischen Lenksystemen auszugehen.

Dieser Trend entspricht den vorherrschenden Akzeptanzmustern in anderen Ländern. Dabei haben sich zunächst VR Technologien im Bereich der Stickstoffdüngung weltweit am stärksten durchsetzen können. Sowohl FOUNTAS ET AL. (2005a) als auch GRIFFIN & LOWENBERG-DEBOER (2005) konnten in ihren Untersuchungen ähnliche Akzeptanzmuster für die USA und Dänemark nachweisen. Im Vergleich zu Deutschland, wo laut Untersuchungsergebnis die sensorbasierte Stickdüngung sowie die Stickstoffdüngung anhand von Applikationskarten gleichermaßen verbreitet ist (vgl. Abbildung 6.19 und Abbildung 6.20), erfolgt in den USA und Dänemark die variable Stickstoffdüngung in erster Linie auf Grundlage von Applikationskarten (vgl. FOUNTAS ET AL. 2005a; AKRIDGE & WHIPKER 2008). Die Nutzung von Applikationskarten ist im Vergleich zur sensorbasierten Stickstoffdüngung mit einem geringeren Investitionskostenaufwand verbunden.

Beim Pflanzenschutz ist der Einsatz von VR Technologien, ähnlich wie in Deutschland, bislang nur wenig verbreitet. Gerade in den USA wird diese Technologie bis dato so gut wie gar nicht von den Landwirten eingesetzt (vgl. AKRIDGE & WHIPKER 2008; FOUNTAS ET AL. 2005a). Obwohl VR Technologien im Bereich Pflanzenschutz nachweislich ein enormes Einsparpotential aufweisen (vgl. TIMMERMANN ET AL. 2003), ist ihre Verwendung in der landwirtschaftlichen Praxis kaum verbreitet. Eine Ursache liegt in der zeitaufwendigen Bonitur der Ackerunkräuter, die bis dato überwiegend manuell erfolgt. Entwicklungen im Bereich der automatischen Unkrauterfassung haben in den letzten Jahren zwar enorme Fortschritte gemacht, jedoch sind diese Technologien noch nicht praxisreif (vgl. PEDERSEN 2003; RITTER ET AL. 2008; SÖKEFELD ET AL. 2007).

Methoden zur teilflächenspezifischen Aussaat weisen in den USA und Dänemark einen ähnlich niedrigen Verbreitungsgrad wie in Deutschland auf (vgl. FOUNTAS ET AL. 2005a). Im Gegensatz zu den europäischen Landwirten, plant jedoch die Mehrheit der amerikanischen Landwirte diese Methode zukünftig zu nutzen. Eine Ursache liegt in den Eigenschaften des Korns begründet. So ver-

wendet ein Großteil der US amerikanischen Landwirte Saatgut, dessen Wachstum und Ertrag sehr stark von Faktoren wie Pflanzdichte und Pflanzverband beeinflusst werden, wohingegen das in Europa bevorzugt verwendete Saatgut weniger empfindlich auf die erwähnten Faktoren reagiert (FOUNTAS ET AL. 2005a).

Parallelfahrssysteme und automatische Lenksysteme basieren ebenfalls auf GPS Technik und zählen im weiteren Sinne zu den Precision Farming Technologien, obgleich sie rein der Maschinensteuerung dienen. Trotz der im Vergleich zu den klassischen Precision Farming Technologien späten Markteinführung, haben sie sich deutlich schneller in Deutschland verbreiten können (vgl. Abbildung 6.21). In den quantitativen und qualitativen Interviews wurde nicht zwischen Parallelfahrssystemen und automatischen Lenksystemen differenziert, daher beziehen sich die Antworten auf beide Systeme, wobei davon auszugehen ist, dass der Anteil der kostengünstigeren Parallelfahrssysteme gegenüber den deutlich teureren automatischen Lenksystemen in Deutschland überwiegt. Der schnelle Verbreitungsprozess zeigt sich vor allem daran, dass diese Systeme auch von Landwirten eingesetzt werden, die nicht zur Gruppe der Precision Farming Nutzer zählen. Darüber hinaus hat der Verbreitungsgrad von Parallelfahrssystemen und automatischen Lenksystemen über den gesamten Untersuchungszeitraum kontinuierlich zugenommen (vgl. Abbildung 6.21). Dabei weist die Interviewgruppe F (Nutzer), mit einem Nutzeranteil von fast 40 % (2007), den höchsten Verbreitungsgrad auf. Die Expertengespräche kommen zu vergleichbaren Ergebnissen: 13 von 29 Experten gaben an, Parallelfahrssysteme bzw. automatische Lenksysteme zu nutzen. Einen ähnlich hohen Verbreitungsgrad und schnellen Verbreitungsprozess hat die Technologie in den USA (VANACHT 2008).

Verglichen mit dem Diffusionsprozess anderer Innovationen im Bereich der Informationstechnologien, wie Computer und Mobiltelefon, die 10 Jahre gebraucht haben, um sich am Markt zu etablieren (PEDERSEN 2003), stellt sich die Frage, warum der bisherige Diffusionsprozess von Precision Farming weltweit und insbesondere in Deutschland sehr langsam verläuft. Bezogen auf das *Modell der Adoptorkategorien* von ROGERS (2003), sind die Landwirte der Inter-

viewgruppe F (Nutzer) sowie die interviewten Experten den Kategorien der *Innovatoren* bzw. *frühen Adoptoren* zuzuordnen. Viele der in der Theorie aufgeführten Charakterisierungsmerkmale treffen auch auf die Landwirte der Interviewgruppe F (Nutzer) und die interviewten Experten zu. So konnten in den Untersuchungsergebnissen der quantitativen Untersuchungen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Interviewgruppen hinsichtlich der zentralen Eigenschaften bzw. inneren Adoptionsfaktoren (Alter, Bildungsgrad, finanzieller Status bzw. Betriebsgröße, Kommunikations- und Informationsverhalten) belegt werden. Die nachgewiesene Zusammenhangsstärke ist jedoch nur von niedriger bis mittelstarker Ausprägung. Lediglich bei der Untersuchungsvariable der *Betriebsgröße* zeigt sich ein eindeutiger, starker statistischer Zusammenhang (vgl. Tabelle 6.5). Folglich lassen sich auf Grundlage der quantitativen Untersuchungsergebnisse nur Tendenzen ableiten. Diese werden allerdings durch die Aussagen der Experten und die Ergebnisse der Untersuchungen mit den anderen Akteursgruppen aus der Landwirtschaft bestätigt. Durch die Anwendung der Modellvorstellungen von ROGERS auf den Diffusionsprozess von Precision Farming konnte gezeigt werden, dass sich die verschiedenen Adoptorkategorien über die rein ökonomischen Faktoren hinaus, auch in ihren anderen Eigenschaften voneinander unterscheiden. Diese nehmen Einfluss auf den Diffusionsprozess von Precision Farming in Deutschland. Es folgt eine zusammenfassende Darstellung der zentralen, charakterisierenden Eigenschaften der verschiedenen Interviewgruppen.

Im Hinblick auf das Charakteristikum Alter konnten anhand der Untersuchungsergebnisse zwar signifikante Unterschiede in der Altersstruktur zwischen den Interviewgruppen festgestellt werden, jedoch ist der statistische Zusammenhang nur geringfügig ausgeprägt (vgl. Abbildung 6.4, Tabelle 6.2). Die Untersuchungsergebnisse entsprechen dabei vornehmlich der allgemeinen Altersstruktur landwirtschaftlicher Betriebsinhaber in Deutschland (vgl. Tabelle 7.1). Im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen ist diese nach wie vor durch eine hohe Überalterung geprägt, wenn sich auch in den letzten Jahren eine Trendwende hin zu jüngeren Betriebsleitern erkennen lässt (HEMMERLING ET AL. 2009 b).

Tabelle 7.1: Altersstruktur vollbeschäftigter landwirtschaftlicher Betriebsinhaber im Zeitvergleich, Anteil der Altersgruppen in Prozent

Quelle: (HEMMERLING ET AL. 2009b)

	1995	2007
Unter 25 Jahre	1,1	0,3
25 bis 35 Jahre	15,9	6,1
35 bis 45 Jahre	26,7	28
45 bis 55 Jahre	24,1	35,8
55 bis 65 Jahre	29,5	25,4
Über 65 Jahre	2,7	4,4

Ähnlich wie in den Untersuchungsergebnissen von ROGERS (2003), weisen die verschiedenen Interviewgruppen eine relativ einheitliche Altersstruktur auf, in der die Mehrheit der interviewten Landwirte in der Altersklasse zwischen 35 bis 50 Jahre liegt (vgl. Abbildung 6.4). Einzige Ausnahme bildet Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte), die sich durch einen, im Vergleich zu den anderen Interviewgruppen, relativ hohen Anteil an der Altersklasse der unter 20-jährigen und der über 50-jährigen auszeichnet (vgl. Abbildung 6.4). Verglichen mit den Ergebnissen anderer Akzeptanzstudien im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT), in denen die Gruppen der *Innovatoren* und *frühen Adoptoren* in erster Linie von jungen Menschen dominiert werden (vgl. DABERKOW & MCBRIDE 2003; FOUNTAS ET AL. 2005b; GELB & PARKER 2005; GELB 2006; ROSSKOPF & WAGNER 2006), überrascht der hohe Altersdurchschnitt der Landwirte in Interviewgruppe F (Nutzer) (vgl. Abbildung 6.4). Dieses Ergebnis lässt sich zum einen auf die oben beschriebene, allgemeine Altersstruktur in der deutschen Landwirtschaft zurückführen (vgl. Tabelle 7.1). Zum anderen sind viele Landwirte erst im fortgeschrittenen Alter in der Position, einen Betrieb zu leiten und haben die notwendige Berufserfahrung und finanziellen Voraussetzungen, um entsprechende Entscheidungen treffen zu können. Hierin begründet sich die vorliegende Altersstruktur.

Im Bildungsbereich zeigen sich ebenfalls auffällige Unterschiede zwischen den verschiedenen Interviewgruppen, wenngleich das allgemeine Bildungsniveau, mit Ausnahme der Gruppe A (uninformierte Landwirte), in allen Interviewgruppen

sehr hoch ist (vgl. Abbildung 6.5). Hier weist die Interviewgruppe F (Nutzer), im Vergleich zu den anderen Untersuchungsgruppen, den mit Abstand höchsten Bildungsgrad auf (vgl. Abbildung 6.5). Die meisten Landwirte in dieser Interviewgruppe haben einen Hochschulabschluss. Ähnliche Tendenzen zeigen sich auch in den Expertengesprächen (vgl. Tabelle 6.12). Damit entsprechen die Ergebnisse den Modelltheorien von ROGERS, der unterschiedliche Bildungsniveaus zwischen den verschiedenen Adoptorkategorien nachweisen konnte. Vergleichbare Entwicklungen finden sich auch in anderen Akzeptanzstudien im Bereich Precision Farming sowie ITC. So konnten DABERKOW & MCBRIDE (2003), KUTTER ET AL. (2009) und ROSSKOPF & WAGNER (2006) in ihren Untersuchungen nachweisen, dass mit zunehmendem Bildungsgrad die Bereitschaft, sich mit Innovationen im Bereich der Informationstechnologien auseinander zu setzen, zunimmt. DABERKOW & MCBRIDE (2003) führen diesen Trend darauf zurück, dass vor allen Dingen Absolventen von Universitäten und Fachhochschulen schon im Rahmen ihrer Ausbildung verstärkt mit Informationstechnologien zu tun hatten und daher schneller in der Lage sind, sich in die neuen Technologien einzuarbeiten. Darüber hinaus konnten sie nachweisen, dass Landwirte mit einem Universitätsabschluss auch nach ihrer Ausbildung häufig besser über den aktuellen Stand der Forschung und neue Entwicklungen informiert sind, als andere Landwirte. Entsprechend häufiger werden diese Innovationen auch im Betrieb übernommen. Dieser Zusammenhang bestätigt sich ebenfalls in den Expertengesprächen, in denen sich zeigte, dass die Mehrheit der interviewten Experten ein Hochschulstudium absolviert hat und überdurchschnittlich gut über den aktuellen Stand der Forschung im Bereich Precision Farming informiert war. Anhand dieser Ergebnisse wird verdeutlicht, welchen Einfluss die Ausbildung auf die Innovationsfähigkeit der Landwirtschaft nehmen kann und wie wichtig daher eine gute Ausbildung in diesem Bereich ist.

Als eine weitere Eigenschaft wurde das Informations- und Kommunikationsverhalten in den verschiedenen Befragungsgruppen anhand der Anzahl und Art der verwendeten Informationsquellen erforscht. Der Untersuchung wurde dabei entsprechend dem *Modell der Adoptorkategorien* (ROGERS 2003) die Annahme zugrunde gelegt, dass sich die Interviewgruppe F (Nutzer) deutlich von den anderen Interviewgruppen durch ein weit verzweigtes Informations- und Kommu-

nikationssystem unterscheidet. Dieser Trend deutet sich zwar in den Untersuchungsergebnissen an (vgl. Abbildung 6.6), es konnte aber kein eindeutiger statistischer Zusammenhang nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 6.4). In allen Interviewgruppen hat der Großteil der Landwirte sich hauptsächlich anhand von Fachzeitschriften und auf Messen über Precision Farming informiert. Darüber hinaus haben die Landwirte der Interviewgruppe F (Nutzer) deutlich häufiger als Landwirte in den anderen Interviewgruppen zusätzliche Informationsquellen (Berater, Seminare, Vorträge, Internet, Erfahrungsaustausch mit Kollegen) genutzt. Entgegen den Modellvorstellungen von HÄGERSTRAND (vgl. HÄGERSTRAND 1970; WINDHORST 1983), spielt der Erfahrungsaustausch mit Nachbarn und Verwandten bei der Verbreitung von Precision Farming Technologien eine untergeordnete Rolle. Legt man die Ergebnisse aus den Expertengesprächen zu Grunde, bestätigt sich dieser Eindruck. Der Großteil der Experten nutzt bevorzugt ein weit verzweigtes, überregionales Informations- und Kommunikationssystem, um sich über Precision Farming zu informieren. Viele der interviewten Experten stehen in einem engen Informationsaustausch mit den Herstellerfirmen und besuchen deren Seminare. Andere nutzen überregionale Kontakte zu Kollegen, um sich über Precision Farming zu informieren oder über Technikprobleme auszutauschen. Vergleichbare überregionale Informations- und Kommunikationsstrukturen zeigen sich auch in Dänemark, wo die Gruppe der landwirtschaftlichen Berater und Landmaschinenhändler den Verbreitungsprozess stark beeinflussen (FOUNTAS ET AL. 2005a). In den USA hingegen kommt der Einfluss von Nachbarschaftseffekten auf den Diffusionsprozess noch zum Tragen. Dabei ist der Austausch mit Nachbarn und Kollegen neben den Landmaschinenhändlern die wichtigste Informationsquelle für die Landwirte dort (FOUNTAS ET AL. 2005a).

Darüber hinaus hängt die Diffusion einer Neuerung von der Innovationsbereitschaft ihrer potentiellen Adoptoren ab. So konnte ROGERS (2003) in seinen Untersuchungen nachweisen, dass sich die Gruppe der *Innovatoren* und der *frühen Adoptoren* in ihrer Innovationsbereitschaft allgemein deutlich von den anderen Adoptorkategorien unterscheiden. Diese Tendenz lässt sich anhand der eigenen Untersuchungsergebnisse nicht eindeutig bestätigen. So konnten bezüglich der allgemeinen Technikbegeisterung bzw. Aufgeschlossenheit gegen-

über technischen Innovationen (wie Computer, Internet, Mobiltelefon, Digitalkamera, Palm oder USB-Stick/ Memorycard) kaum Unterschiede zwischen den Interviewgruppen festgestellt werden (vgl. Abbildung 6.7). Lediglich die Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) unterscheidet sich von den anderen Interviewgruppen durch eine verzögerte Übernahmebereitschaft der aufgeführten Innovationen (vgl. Abbildung 6.7) und durch die Art der Nutzung: Während die anderen Interviewgruppen technische Geräte wie Computer und PDA hauptsächlich zu betrieblichen Zwecken einsetzen, verwenden die Landwirte der Interviewgruppe A (uninformierte Landwirte) diese überwiegend privat (vgl. Abbildung 6.8 und Abbildung 6.9). Im Hinblick auf die Innovationsbereitschaft im Precision Farming Bereich Technologien im Betrieb zeigen sich jedoch Unterschiede zwischen den verschiedenen Befragungsgruppen. Im Gegensatz zu der Interviewgruppe F (Nutzer) und den Experten sind die anderen Interviewgruppen zögerlich mit einer Einführung von Precision Farming und wollen abwarten, bis sich die Technologie bewährt hat (vgl. Abbildung 6.39). Folglich kommt den Landwirten der Interviewgruppe F (Nutzer) sowie den interviewten Experten im weiter gefassten Sinne die Rolle eines Trendsetters¹⁷ zu, als dass Sie diese Technologie vor allen anderen aufgegriffen und in ihre Betriebe implementiert haben. Durch die Weitergabe Ihrer persönlichen Erfahrungen können sie den Diffusionsprozess von Precision Farming positiv bzw. negativ beeinflussen (vgl. BATINIC ET AL. 2006; REICHARDT ET AL. 2009). Die anfangs, im Vergleich zu den anderen Europäischen Ländern, nur zögerliche Verbreitung von Precision Farming in Deutschland, ist zum Teil auch auf die negativen Erfahrungsberichte der frühen Adoptoren zurückzuführen. Dies zeigt sich einerseits im Akzeptanzverhalten der Interviewgruppen C (informierten Nichtnutzer) und D (potentielle Nutzer), die sehr zurückhaltend mit der Einführung von Precision Farming sind und noch abwarten wollen, bis sich die Technik bewährt hat. Andererseits bestätigt sich diese Einschätzung durch die Aussagen der Experten, von denen viele während der Anfangszeit mit erheblichen Technikproblemen zu kämpfen hatten.

¹⁷ „Trendsetter werden definiert als Personen, die im Vergleich zu ihrer sozialen Gruppe Neuerungen besonders früh wahrnehmen, Elemente und Eigenschaften von Innovationen betonen und Neuerungen aktiv an ihr Umfeld weitergeben“ (BATINIC ET AL. 2006, S. 60).

Die ökonomischen Voraussetzungen der Landwirte und ihre betriebliche Situation sind darüber hinaus entscheidende Adoptionsfaktoren bei der Übernahme oder Ablehnung einer Innovation (vgl. ROGERS 2003; WINDHORST 1979). Diese Theorie bestätigt sich in den Ergebnissen der zahlreichen Akzeptanzstudien zu Precision Farming (vgl. BATTE & ARNHOLT 2003; DABERKOW & MCBRIDE 2003; DASKALOPOULOU & PETROU 2002; FOUNTAS ET AL. 2005a; GRIFFIN ET AL. 2004; JOCHINKE ET AL. 2007; PEDERSEN 2003) und konnte auch auf Grundlage der eigenen Untersuchungsergebnisse nachgewiesen werden. So zeigt sich in den Ergebnissen der quantitativen Untersuchungen, dass die Interviewgruppe F (Nutzer) im Vergleich zu den anderen Interviewgruppen signifikant größere Betriebe (vgl. Tabelle 6.5, Abbildung 6.10) sowie größere Ackerschläge (vgl. Abbildung 6.11) bewirtschaftet. Dementsprechend schneller amortisieren sich die hohen Anschaffungskosten für die Technik. Die Ergebnisse aus den Expertengesprächen konnten den Trend ebenfalls bestätigen (vgl. Abbildung 6.18).

Des Weiteren wird der Diffusionsprozess auch von äußeren Adoptionsfaktoren beeinflusst (vgl. Kapitel 4), die einerseits auf den produktspezifischen Eigenschaften beruhen, andererseits dem Einfluss der verschiedenen Akteursgruppen im Bereich der Landwirtschaft unterliegen (vgl. ROGERS 2003; SUNDING & ZILBERMAN 2001; VIERBOOM ET AL. 2006).

Hinsichtlich der produktspezifischen Eigenschaften ist eine Hauptursache für den geringen Verbreitungsgrad in den hohen Investitionskosten für die Technik begründet. Diese Erklärung wird sowohl von den Landwirten der verschiedenen Interviewgruppen in den quantitativen (vgl. Abbildung 6.39 und Abbildung 6.40) und qualitativen Interviews als auch von den interviewten Vertretern der verschiedenen Akteursgruppen (landwirtschaftliche Industrie und landwirtschaftliche Berater) in der Landwirtschaft (vgl. Abbildung 6.48, Abbildung 6.55) angeführt. Akzeptanzstudien aus den USA, England und Dänemark kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Sie führen den geringen Verbreitungsgrad von Precision Farming auf das schlechte Kosten-Nutzen Verhältnis dieser Technologie zurück (vgl. PEDERSEN ET AL. 2001; PEDERSEN ET AL. 2004). Gerade für Landwirte mit kleineren Betriebsgrößen, wie sie vor allem die Landwirte aus Interviewgruppe C (informierte Nichtnutzer) haben (vgl. Abbildung 6.10), stellen die hohen Investitionskosten in Kombination mit den kleinen Flächengrößen eine Ein-

stiegshürde dar. Schließlich zahlt sich ein Einsatz dieser Technologie erst ab einer bestimmten Betriebsgröße aus und ist umso gewinnbringender, je größer die Betriebe und je höher die Maschinenlaufzeiten sind. Gemäß den Aussagen verschiedener Landwirte in den Expertengesprächen rentiert sich eine Investition in Precision Farming Technologien erst ab einer Maschinenlaufzeit von 1000 bis 1500 Stunden. Die verschiedenen Modellberechnungen zur Wirtschaftlichkeit von Precision Farming bestätigen diese Ergebnisse (vgl. RÖSCH ET AL. Dezember 2005; STRECKER ET AL. 2004; PEDERSEN & PEDERSEN 2002). Zudem spiegelt sich dieser Trend sehr deutlich in den Akzeptanzmustern der USA wieder, wo sich Precision Farming Technologien vornehmlich auf Megafarmen (mit > 10 Mio. US \$ Jahresumsatz) und Großfarmen (mit 1,5 Mio. Jahresumsatz) mit einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 1200 ha verbreitet haben (VANACHT 2008). Hierin begründet sich der eher geringe Verbreitungsgrad von Precision Farming in einem Land wie Deutschland, in dem die durchschnittliche Betriebsgröße 2007 bei 48,5 ha lag (MAUL ET AL. 2008) und die Mehrheit der Betriebe demzufolge eine Fläche von unter 100 ha bewirtschaften (vgl. Abbildung 7.3).

Agrarstruktur – Betriebe nach Hektargrößenklassen im Jahr 2007 (Betriebe ab 2 Hektar LF)				
Betriebsgröße von ... bis ... unter ... Hektar LF	Betriebe		Fläche	
	Anzahl	Anteil	Hektar LF	Anteil
	in 1.000	in Prozent	in 1.000	in Prozent
2 bis 10	113,1	32,4	585,7	3,5
10 bis 20	67,8	19,4	1.013,2	6,0
20 bis 50	82,8	23,7	2.749,1	16,2
50 bis 100	53,4	15,3	3.740,6	22,1
100 und mehr	31,9	9,1	8.845,3	52,2
insgesamt	349,0	100,0	16.933,9	100,0
nachrichtlich unter 2 ha	25,5	.	20,4	.
Quelle: BMELV			SB09-T33-2	

Abbildung 7.3: Agrarstruktur in Deutschland 2007

Quelle: (HEMMERLING ET AL. 2009a, S. 33)

Alternativ zum Kauf besteht die Möglichkeit, das Dienstleistungsangebot von Lohnunternehmern oder Maschinenringen zu nutzen. Die Umfrageergebnisse zeigen zwar, dass die Mehrheit der Landwirte in den quantitativen Untersuchungen Dienstleistungen von Lohnunternehmern und Maschinenringen in Anspruch nimmt, jedoch beschränkt sich der Einsatz mehrheitlich auf die Erledigung von Erntearbeiten. Dienstleistungen im Precision Farming Bereich werden in Deutschland bisher kaum von den Landwirten genutzt (vgl. Abbildung 6.14 und Abbildung 6.15), obwohl nach Aussagen der Experten inzwischen immer mehr Lohnunternehmer diese anbieten. Im Vergleich zu Deutschland, werden in den USA Lohnunternehmer und Landhändler viel häufiger und in verschiedenen Arbeitsbereichen, die über die Erntearbeit hinausgehen, von den Landwirten eingesetzt. Entsprechend der größeren Nachfrage in den USA ist auch das Angebot vielfältiger und Precision Farming Dienstleistungen sind weiter verbreitet (vgl. Abbildung 3.1). Im Gegensatz zu den amerikanischen Landwirten ist die Situation in Deutschland so, dass sich die Mehrheit der Landwirte eher eigene Maschinen kauft, anstatt diese zu leihen (vgl. Abbildung A.2 im Anhang). Dementsprechend höher ist ihr finanzieller Aufwand, um Precision Farming nutzen zu können. Hierin liegt vermutlich eine weitere Ursache für den unterschiedlichen Verbreitungsgrad in beiden Ländern begründet.

Zusätzlich nimmt die *Teilbarkeit* und *Komplexität* der Technik ebenfalls Einfluss auf den Diffusionsprozess. Besonders bei hohen Investitionskosten für neue Technologien wirken sich diese beiden Faktoren insofern positiv auf den Diffusionsprozess aus, als dass die hohen Investitionskosten unterteilt werden können und Einsparungseffekte schneller ersichtlich werden. Deshalb werden Technologien mit einer hohen *Teilbarkeit* und einer geringen *Komplexität* für gewöhnlich schnell von der Praxis übernommen (vgl. SUNDING & ZILBERMAN 2001; VIERBOOM ET AL. 2006). Ein Beispiel für solche Technologien ist die Gentechnik (CLIVE 2003). Im Gegensatz zu diesen Technologien verfügt Precision Farming über eine hohe Komplexität bei gleichzeitig geringer Teilbarkeit, wenn man Precision Farming als einen kompletten Systemansatz von der Datenerfassung, über die Auswertung, bis hin zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung definiert. Die einzelnen Methoden werden von der Mehrheit der Betriebe zwar schrittweise eingeführt, dennoch sind auch diese Einzelschritte häufig mit

einem enormen Kostenaufwand verbunden. So ist beispielsweise für die Durchführung einer Ertragskartierung die Anschaffung eines Ertragsmessgerätes, eines GPS-Gerätes und die entsprechende Software notwendige Voraussetzung.

Ein weiterer Faktor, der entscheidend Einfluss auf den Diffusionsprozess nimmt, ist der *relative Vorteil*, der durch den Einsatz der Innovation gegenüber der herkömmlichen Wirtschaftsweise erreicht werden soll. Ist dieser hoch, verbreitet sich die Innovation entsprechend schnell (VENKATESH & DAVIS 2000). Der *relative Vorteil* bezieht sich zum einen auf die Rentabilität bzw. den ökonomischen Vorteil einer Innovation, umfasst aber auch arbeitswirtschaftliche und soziale Vorteile, die sich für den Nutzer ergeben. Im Fall von Precision Farming lässt sich der *relative Vorteil* aufgrund der hohen Komplexität des Systemansatzes nur schwer erfassen. Arbeitswirtschaftlich entsteht durch die Einführung für den Landwirt zunächst ein deutlich höherer Arbeits- und Zeitaufwand gegenüber der konventionellen Wirtschaftsweise. Dieser Aspekt wurde von den Landwirten in den quantitativen Untersuchungen (vgl. Tabelle 6.17), von den Experten (vgl. Aussagen der Experten Kapitel 6.1.5) sowie von Seiten der Berater (Abbildung 6.56) als eine der wesentlichen Schwachstellen von Precision Farming herausgestellt. Während dieser zusätzliche Arbeitsaufwand in kleineren Betrieben sich meist auf den Landwirt selber konzentriert, haben viele der großen Betriebe häufig Mitarbeiter, die ausschließlich für den Bereich Precision Farming zuständig sind und diesen betreuen.

Des Weiteren ist im Hinblick auf die Arbeitswirtschaftlichkeit einer Innovation dessen Bedienungsfreundlichkeit und Funktionalität entscheidende Faktoren. Während die Bedienungsfreundlichkeit der Landtechnik und Software von der Mehrheit der interviewten Landwirte in den quantitativen sowie in den qualitativen Untersuchungen als *gut* bewertet wurde (vgl. Abbildung 6.42), beklagt ein Teil der Landwirte die Funktionalität der Technik. In diesem Zusammenhang stellt die mangelnde Kompatibilität zwischen den einzelnen Technikkomponenten verschiedener Hersteller sowie zwischen Hardware und Software eines der wesentlichen Probleme dar, wodurch die Funktionalität beeinträchtigt wird. Diese Schwachstellen wurden von den Landwirten der Interviewgruppe F (Nutzer) (vgl. Tabelle 6.17), von der Mehrheit der interviewten Experten (vgl. Aussagen der Experten Kapitel 6.1.5) sowie von Seiten der verschiedenen Akteursgrup-

pen in der Landwirtschaft (Berater, Vertreter der Industrie) angeführt (vgl. Abbildung 6.56).

PEDERSEN ET AL. (2004) kamen in ihren Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen für Dänemark, wo die Mehrheit der Landwirte - ähnlich wie in Deutschland - Maschinen von verschiedenen Herstellern nutzt und entsprechend mit Kompatibilitätsproblemen zu kämpfen hat. Sogenannte Full-Liner Systeme, bei denen alle Maschinen von einem Hersteller kommen, sind auf dem europäischen Markt bisher kaum verbreitet. In den USA hingegen sind sie die Regel (WAGNER 2006¹⁸). Deshalb haben US amerikanische Landwirte weniger mit Kompatibilitätsproblemen zu kämpfen.

Ein relativer, ökonomischer Vorteil lässt sich aufgrund der hohen Komplexität von Precision Farming und den geringen Vergleichsmöglichkeiten mit der bisherigen Wirtschaftsweise nur schwer ermitteln. Hinzu kommt, dass sich ein ökonomischer Vorteil in der Regel erst deutlich verzögert mit dem Einsatz von VR Technologien ergibt. So konnte zwar in den quantitativen Untersuchungen gezeigt werden, dass die Mehrheit der Landwirte nach Überwindung der Anfangsschwierigkeiten sehr zufrieden mit der Einführung von Precision Farming war (vgl. Abbildung 6.44) und gegenüber ihrer bisherigen Wirtschaftsweise finanzielle Vorteile erwirtschaften konnte (vgl. Abbildung 6.45), jedoch waren nur Wenige in der Lage diese genau zu quantifizieren. Entsprechend auffällig variieren die Angaben über die Höhe des Einspareffektes (vgl. Abbildung 6.46). Ein ähnliches Bild spiegeln die Expertengespräche wieder, in denen die Mehrheit der interviewten Experten ebenfalls das Gefühl hatte, durch Precision Farming besser wirtschaften zu können. Jedoch konnten nur wenige Landwirte genaue Angaben zur Höhe des Einspareffektes machen. Hinzu kommt, dass in Bereichen wie bei der Stickstoffdüngung häufig keine Einsparungen erzielt wurden, sondern vielmehr eine Umverteilung des Stickstoffs innerhalb der Fläche stattfand (vgl. Aussagen der Experten Kapitel 6.1.6). In letzter Konsequenz hängt zudem die Höhe des Einspareffektes von den Witterungsbedingungen im jeweiligen Erntejahr ab (vgl. Aussagen der Experten Kapitel 6.1.6). Diese Unwägbarkeiten hinsichtlich der Rentabilität von Precision Farming, die sich in den vorliegenden Untersuchungen gezeigt haben, entsprechen den Ergebnissen zahlreicher ag-

¹⁸ WAGNER: persönliche Auskunft, Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Professur für landwirtschaftliche Betriebslehre, 11.10.2006.

rarökonomischer Untersuchungen. Zwar konnten diese auf Betriebsebene in den meisten Fällen einen ökonomischen Vorteil durch den Einsatz von Precision Farming nachweisen, jedoch ist es bisher nicht gelungen, daraus allgemeingültige Rentabilitätsaussagen für Precision Farming abzuleiten (vgl. KILIAN ET AL. 2001; SCHNEIDER & WAGNER 2006; SCHNEIDER & WAGNER 2007; STRECKER ET AL. 2004; RÖSCH ET AL. 2005). Besondere die Unwägbarkeit des Faktors *Niederschlag* erschwert die Ableitung allgemeingültiger Aussagen (vgl. SCHNEIDER & WAGNER 2007) und macht einen Vergleich mit der konventionellen Wirtschaftsweise unmöglich. Daraus resultiert ein entscheidender Hemmnisfaktor für die Verbreitung von Precision Farming in der landwirtschaftlichen Praxis Deutschlands. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass weniger komplexe Technologien, wie Parallelfahrssysteme und automatische Lenksysteme, trotz der hohen Investitionskosten, deutlich schneller von der Praxis angenommen wurden (vgl. Abbildung 6.20 und Abbildung 6.21). Eine Ursache liegt in dem gut nachvollziehbaren *relativen Vorteil* gegenüber der bisherigen Wirtschaftsweise.

Die Ergebnisse aus den Expertengesprächen verdeutlichen, dass die Landwirte durch den Einsatz von Precision Farming einen relativen sozialen Vorteil gegenüber der einheitlichen Bewirtschaftung erzielen konnten. Insbesondere Landwirte deren Betriebe sich in der Nähe von Städten befinden und die infolgedessen häufig mit kritischen Nachfragen der Bevölkerung konfrontiert werden, konnten durch den Einsatz von Precision Farming das negative Image der Landwirtschaft in der öffentlichen Meinung verbessern. Aufgrund der mehr am Bedarf der Pflanzen orientierten und insofern ökologischeren Wirtschaftsweise beim Precision Farming, genießt diese Technologie eine hohe Akzeptanz bei der Bevölkerung (vgl. Aussagen Experten Kapitel 6.1.6).

Die Kompatibilität einer Innovation nimmt ebenfalls Einfluss auf den Diffusionsprozess. Unter Kompatibilität wird im Kontext der Diffusionstheoretischen Vorstellungen von ROGERS die Integrierbarkeit einer Innovation in bestehende Arbeitsabläufe verstanden (ROGERS 2003). Dabei werden Innovationen, die sich gut in bestehende Arbeitsabläufe integrieren lassen, schnell von der Praxis übernommen. Meistens betreffen diese Art von Innovationen nur einzelne Arbeitsschritte in einem gesamten Produktionsprozess. Im Gegensatz zu diesen Innovationen handelt es sich bei Precision Farming um ein komplettes Mana-

gementsystem, das sich nicht ohne Probleme in bestehende Arbeitsabläufe integrieren lässt. Die Einführung von Precision Farming ist daher mit einer kompletten Systemumstellung verbunden. In den quantitativen Untersuchungen gaben jedoch nur wenige Landwirte (vgl. Abbildung 6.39) dieses Problem als Ursache für ihr Zögern bei der Einführung von Precision Farming an.

Die verschiedenen Akteursgruppen im Bereich der Landwirtschaft nehmen mit ihren Einstellungen und Normen ebenfalls Einfluss auf den Diffusionsprozess. Den größten Einfluss hat dabei als Entwickler und Hersteller der Landtechnik die Industrie selbst. Wie anhand der Expertengespräche gezeigt werden konnte, hat die Industrie durch den Verkauf instabiler und teilweise nicht funktionsfähiger Technik in der Vergangenheit sowie durch Fehlleitungen der Praxis den langsamen Diffusionsprozess von Precision Farming mit verursacht. Ein Teil dieser Probleme war auf Störungen beim GPS-Empfang zurückzuführen und wurden mit Abschaltung des Störsignals 2000 behoben. Der weitaus größere Teil der Probleme ergab und ergibt sich infolge der bereits im Zusammenhang mit der Funktionalität der Technik angeführten Kompatibilitätsprobleme. Inzwischen hat der Großteil der interviewten Unternehmen dieses in der Vergangenheit zum Teil bewusst forcierte Problem als wesentlichen Hemmnisfaktor bei der Diffusion von Precision Farming akzeptiert und arbeitet aktiv an der Weiterentwicklung und Implementierung einheitlicher Standards. In Ergänzung bieten viele ihren Kunden einen guten Beratungsservice an und hoffen auf diese Weise Akzeptanzprobleme zu vermeiden. Anhand der Expertengespräche konnte herausgestellt werden, wie wichtig ein gutes Beratungs- und Serviceangebot ist.

Neben den Firmen wird auch von Seiten der Landwirtschaftsämter ein Beratungsservice angeboten. Wie diese Officialberatung Einfluss auf den Diffusionsprozess von Precision Farming nehmen kann, zeigt sich besonders eindrucksvoll am Beispiel von Dänemark. Dort verfügt die Officialberatung über ein gut ausgebildetes, auf Precision Farming spezialisiertes Fachpersonal, das sein Wissen an die lokalen Beratungszentren weitergibt und darüber hinaus die Landwirte vor Ort betreut. Durch den engen Kontakt zwischen Berater und Landwirt konnte eine gezielte Betreuung stattfinden und auf diese Weise die Verbreitung von Precision Farming nachweislich gefördert werden (vgl.

FOUNTAS ET AL. 2005a; FOUNTAS ET AL. 2005b; PEDERSEN ET AL. 2004). Im Rahmen der Studie wurde allerdings angemerkt, dass mit zunehmender Verbreitung der gute Service aus Personalgründen nicht aufrechterhalten werden kann und andere Lösungen gefunden werden müssen (PEDERSEN ET AL. 2004).

Im Gegensatz zu Dänemark, ist, wie die eigenen Untersuchungsergebnisse belegen, eine derart gute Beratungsstruktur in Deutschland nicht vorhanden. Nur wenige Stellen bieten überhaupt eine Beratung für Precision Farming an. Diese erfolgt häufig durch private Beratungsfirmen und konzentriert sich überwiegend auf Ostdeutschland. Eine der Ursachen für diese Situation begründet sich nach Meinung einiger Landwirte im mangelnden Interesse der Berater an dieser Thematik (vgl. Aussage Experten Kapitel 6.1.6). Diese Einschätzung hat sich in den Gesprächen mit den Beratern mehrheitlich bestätigen können. So wird das Thema Precision Farming nach wie vor von den meisten Beratern als nicht relevant für die Officialberatung eingestuft.

Als letzte Akteursgruppe im Bereich der Landwirtschaft nehmen die Lehrer an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen ebenfalls Einfluss auf die Diffusion von Precision Farming in der landwirtschaftlichen Praxis. Dabei haben die Untersuchungsergebnisse gezeigt, dass bisher nur sehr wenig Ausbildung in diesem Bereich stattfindet, obwohl die Mehrheit der Lehrer von der Notwendigkeit einer Ausbildung zu Precision Farming überzeugt war. Als eines der Hauptprobleme wurde in diesem Zusammenhang das Fehlen geeigneter Lehrmaterialien zu Precision Farming und entsprechender Lehrerfortbildungen angeführt.

7.2 Räumliche Diffusion von Precision Farming

Der Diffusionsprozess und die räumliche Verbreitung von Precision Farming in Deutschland wurden anhand der Betriebsstandorte der Interviewgruppe F (Nutzer) mit den Methoden der Simple Density und Kernel Density in ArcGIS modelliert, mit dem Ziel, raumzeitliche Verbreitungsmuster zu identifizieren. Theoretische Ausgangsbasis der Untersuchung bildet das *Modell der Innovationswellen* nach HÄGERSTRAND (HAGGETT 2003). Diese Modellvorstellung bestätigt sich dahingehend, dass Clusterstrukturen von Gebieten mit höherer Nutzerdichte und Gebieten mit geringerer Nutzerdichte nachgewiesen werden konnten (Tabelle

6.16). Insbesondere in der Mitte Deutschlands hat sich Precision Farming verstärkt verbreitet, ein weiteres Gebiet mit einer höheren Nutzerdichte erstreckte sich von Schleswig-Holstein bis nach Mecklenburg-Vorpommern (vgl. Abbildung 6.28 und Abbildung 6.29). Betrachtet man jedoch den Diffusionsprozess über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2007, lässt sich ein direkter Einfluss von *Nachbarschaftseffekten* auf die Verbreitungsmuster von Precision Farming nicht belegen (vgl. Abbildung 6.29). Insbesondere in den ersten Untersuchungsjahren kommt es nur vereinzelt zur Clusterbildung, ein Einfluss von Nachbarschaftseffekten ist demnach nicht eindeutig nachweisbar und daher eher zufallsbasiert (vgl. Abbildung 6.29 a und 6.29 b). Bei Betrachtung der Verteilungsmuster der Interviewgruppen E (beginnende Nutzer) und D (potentielle Nutzer) bestätigt sich dieses Bild. Entsprechend der Theorie von HÄGERSTRAND müssten die Verbreitungsmuster beider Interviewgruppen in etwa mit denen der Interviewgruppe F (Nutzer) übereinstimmen. Wie die Abbildungen 6.30 und 6.32 zeigen, weisen beide Interviewgruppen jedoch abweichende Verbreitungsmuster auf. Die Interviewgruppe E (beginnende Nutzer) hat ihren Schwerpunkt in Westdeutschland in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Bayern (vgl. Abbildung 6.31). Bei Interviewgruppe D (potentielle Nutzer) liegt der Großteil der Betriebe in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Hessen. Auffallend ist der geringe Verbreitungsgrad beider Interviewgruppen in den ostdeutschen Bundesländern. Aus diesem Grund ist ein Einfluss von *Nachbarschaftseffekten* auf die vorliegenden Verbreitungsmuster eher auszuschließen. Diese Ergebnisse bestätigen sich in den überregionalen Kommunikations- und Informationsstrukturen der Experten. Die vorliegenden Verbreitungsmuster der Interviewgruppen D (potentielle Nutzer) und E (beginnende Nutzer), mit einem Verbreitungsschwerpunkt in Westdeutschland, könnten jedoch auch auf einen zukünftigen Diffusionsprozess von Ost- nach West hindeuten. Entsprechende Aussagen in den Expertengesprächen (vgl. Kapitel 6.1.6) stützen diese Vermutung. Anhand der bisherigen Untersuchungsergebnisse lässt sich ein derartiger Diffusionsprozess allerdings nicht belegen. Vielmehr zeigt sich anhand der Ergebniskarten mit den Einstiegszeitpunkten eine bisher unregelmäßige, raumzeitliche Diffusion (vgl. Abbildung 6.36). Die Verbreitungsmuster einzelner Precision Farming Methoden lassen ebenfalls keine Rückschlüsse auf einen großräumigen Diffusionsprozess zu. Vielmehr zeigen

die einzelnen Methoden unterschiedliche raumzeitliche Verbreitungsmuster (vgl. Abbildung 6.37). Diese sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Agrarstrukturellen Gegebenheiten zurückzuführen. So konzentriert sich der Verbreitungsschwerpunkt der teuren Sensortechnologien überwiegend auf die groß strukturierten Regionen Ostdeutschlands sowie die Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein (vgl. Abbildung 6.37 h). Die variable Stickstoffdüngung anhand von Applikationskarten, die eine Kosten günstigere Alternative ist, hat sich hingegen auch in kleiner strukturierten Regionen Westdeutschlands verbreiten können (vgl. Abbildung 6.37 h). Die differenzierte Aussaat sowie der differenzierte Pflanzenschutz (vgl. Abbildung 6.37 f und i) haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in den landwirtschaftlich groß strukturierten Regionen Westdeutschlands.

Generell muss hinsichtlich der vorliegenden Verbreitungsmuster der einzelnen Interviewgruppen der mehr oder weniger starke Einfluss der Verteilung der Gesamtstichprobe berücksichtigt werden. Vor allem bei den Interviewgruppen E (beginnende Nutzer) und D (potentielle Nutzer) ist eine Beeinflussung durch die Verteilung der Gesamtstichprobe wahrscheinlich. Demzufolge ist der hohe Verbreitungsgrad in Niedersachsen auf die Nähe zum Messestandort zurückzuführen. Die Verbreitungsmuster der Interviewgruppe F (Nutzer) sind hingegen relativ unbeeinflusst von der Verteilung der Gesamtstichprobe (vgl. Abbildung 6.1, Abbildung 6.2, Abbildung 6.27).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die nachgewiesenen Clusterstrukturen weniger auf den Einfluss von *Nachbarschaftseffekten*, als vielmehr auf die agrarstrukturellen Gegebenheiten vor Ort zurückzuführen sind. Gerade die postsozialistische Agrarstruktur, mit ihren überdurchschnittlich großen Flächen- und Betriebsgrößen in Ostdeutschland, bietet gute Voraussetzungen für die Verbreitung von Precision Farming. Hierin ähneln die vorhandenen Akzeptanzmuster denen anderer Länder. So ist Precision Farming in den USA vorrangig im Bereich des Mittleren Westens (Heartland), einer Anbauregion mit großen Flächen- und Betriebsstrukturen verbreitet (vgl. DABERKOW & MCBRIDE 2000; DABERKOW & MCBRIDE 2003; SWINTON & LOWENBERG-DEBOER 2001; GRUSY 2003). In Bezug auf die agrarstrukturellen Voraussetzungen überrascht jedoch die geringe Nutzerdichte in Brandenburg. Diese lässt sich zwar zum Teil

auf den allgemein geringen Anteil an Interviewpartnern aus Ostdeutschland zurückführen (vgl. Abbildung 6.1 und 6.2), jedoch steht sie im Gegensatz zur hohen Nutzerdichte in anderen Regionen Ostdeutschlands. Die geringen Nutzerdichten in Südwestdeutschland lassen sich auf die dort vorherrschenden kleinen Flächen- und Betriebsstrukturen zurückführen.

Mögliche Erklärungsansätze für die räumlichen Verbreitungsmuster von Precision Farming in Deutschland, die in Verbindung mit den naturräumlichen Großeinheiten zu sehen sind, konnten anhand der Untersuchungsergebnisse nicht nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 6.38).

8 Perspektiven von Precision Farming in Deutschland

Neben den vorliegenden Akzeptanzmustern und -hemmnissen bei der Verbreitung von Precision Farming in Deutschland wurde auch die Zukunftsfähigkeit dieser Technologie untersucht. Trotz des bisher sehr langsamen Diffusionsprozesses ist die Mehrheit der interviewten Experten und Industrieunternehmen davon überzeugt, dass Precision Farming eine Zukunft in der deutschen Landwirtschaft hat. Dabei werden sich nach Meinung der Industrie zukünftig nur einzelne Technologien weitläufig in der landwirtschaftlichen Praxis etablieren. Eine Implementierung von Precision Farming als kompletter Systemansatz bleibt hingegen auch zukünftig auf wenige Betriebe beschränkt. Dem entgegen ist die Mehrheit der Experten der Ansicht, dass sich mit zunehmender Perfektionierung Precision Farming zum Standard in der deutschen Landwirtschaft entwickelt. Als Begründung für diese positive Einschätzung wurde im Wesentlichen die wirtschaftliche Notwendigkeit, die sich aufgrund der zunehmenden Abhängigkeit von Weltmarktpreisen ergibt sowie die im Zuge der geforderten Rückverfolgbarkeit zunehmende Dokumentationspflicht angeführt (vgl. Aussagen Experten Kapitel 6.1.6). Weitere Faktoren, die den Experten zufolge eine zukünftige Diffusion von Precision Farming in Deutschland begünstigen, sind die verbesserte Praxistauglichkeit der Technik sowie die Ausweitung des Dienstleistungsangebots im Precision Farming Bereich (vgl. Aussagen Experten Kapitel 6.1.6). Dabei ist nach Meinung von Experten und Industrie die Schaffung einheitlicher Maschinen- und Softwarestandards die absolute Bedingung für eine zukünftige Diffusion von Precision Farming. Diese Einschätzung bestätigt sich in den schon mehrfach dargestellten Aussagen von Beratern und Landwirten in den quantitativen Untersuchungen und wird durch die Ergebnisse weiterer Akzeptanzstudien im Precision Farming Bereich gestützt (vgl. FOUNTAS ET AL. 2005b; PEDERSEN ET AL. 2004). Ferner wurde die Senkung der Anschaffungskosten für die Technik, insbesondere im Hinblick auf die vorherrschend kleinen Betriebsgrößenstrukturen in Deutschland, als eine weitere wichtige Zukunftsvoraussetzung von Seiten der Experten und Berater hervorgehoben. Diese Forderung deckt sich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (vgl. PEDERSEN ET AL. 2001; PEDERSEN ET AL. 2004). Ein Großteil der Experten erhofft sich zudem zukünftig mehr Praxistauglichkeit und Bedienungskomfort von der Technik. Ver-

gleichbare Aussagen stellen auch GELB (2006) und LAMB ET AL. (2008) in ihren Untersuchungen fest. Bereits in der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass die am Markt vorhandenen Technologien häufig von dem abweichen, was von der Praxis wirklich benötigt wird. LAMB ET AL. (2008) führen diese Situation auf eine Wissenslücke zwischen Entwickler und Endnutzer zurück. Zwar arbeiten viele Unternehmen in der Anfangsphase einer Neuentwicklung häufig sehr eng mit einzelnen, sehr innovativen Landwirten zusammen, jedoch wird dieser Austausch während der späteren Diffusionsphase meistens nicht weiter fortgeführt (LAMB ET AL. 2008). Ähnliche Tendenzen konnten auch in den Expertengesprächen sowie in den Interviews mit der Industrie nachgewiesen werden (vgl. Kapitel 6.1.6 und Kapitel 6.2). Um den Diffusionsprozess von Precision Farming zukünftig nachhaltig zu fördern, ist es daher auch wichtig, einen kontinuierlichen Dialog zwischen Praxis und Industrie zu etablieren. Darüber hinaus wurde seitens der Experten ein Ausbau der Officialberatung zu Precision Farming angeregt. Dabei sollen die Berater nicht den überwiegend als sehr gut eingestuften Firmensupport ersetzen, sondern sollen vielmehr die Aufgabe einer allgemeinen und neutralen Beratung zu Precision Farming übernehmen. Da die Officialberatung in der Regel einen sehr engen Kontakt zu den Landwirten hat und die Betriebe gut kennt, ist sie in der Lage einzuschätzen, welche Precision Farming Methoden für welchen Betrieb geeignet sind. Wie sich am Beispiel Dänemarks zeigt, konnte die Officialberatung auf diese Weise einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Diffusion von Precision Farming leisten (vgl. FOUNTAS ET AL. 2005a; PEDERSEN ET AL. 2004). In diesem Kontext wäre es auch denkbar, dass die Beratung eine Vermittlerrolle zwischen Landwirt und Industrie einnimmt und so den oben geforderten, gegenseitigen Informationsaustausch fördert. Zudem kann sie bei der für die Landwirte nachgewiesenermaßen schwierigen Auswertung und Interpretation der gesammelten Daten (vgl. Aussagen der Experten Kapitel 6.1.6) Unterstützung leisten. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Bereitschaft der Berater, sich mit dieser Thematik auseinander zu setzen. Wie sich in den vorliegenden Akzeptanzmustern der Berater gezeigt hat, ist die Mehrheit jedoch kritisch gegenüber Precision Farming eingestellt (vgl. Kapitel 6.3). Daher ist eine Bedingung um überhaupt eine flächendeckende Beratung zu Precision Farming zukünftig in Deutschland etablieren zu können, die Berater von den Vorteilen dieser Technologie zu überzeugen. Notwendige Voraussetzung ist

dabei die Einrichtung entsprechender Schulungs- und Weiterbildungsangebote für diese Gruppe. Als eine weitere Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit von Precision Farming wurde der Ausbau der Ausbildung an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen angeführt. Wie sich in den Gesprächen mit den Experten gezeigt hat, fehlt es heute schon vielen landwirtschaftlichen Betrieben an gut qualifiziertem Fachpersonal, das in der Lage ist, die moderne Technik zu bedienen. Diese Situation wird sich zukünftig durch den zu erwartende Arbeitskräftemangel in der Landwirtschaft erhöhen (VON DAVIER 2007). Daher ist es umso wichtiger, die schulische Ausbildung in diesem Bereich zu verbessern und dieses Thema als festen Bestandteil in den Lehrplan zu integrieren. Wesentliche Voraussetzung ist dabei die Durchführung von Lehrerfortbildung und die Entwicklung geeigneter Lehrmaterialien, die dem Bildungsniveau an Berufs- und Fachschulen entsprechen.

Letzten Endes ist auch die Politik zunehmend gefordert, geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, die sich positiv auf die Verbreitung von Precision Farming auswirken. Ein Schritt in diese Richtung war und ist nach Meinung vieler Experten das Inkrafttreten der EU Agrarreform und die damit verknüpfte Einhaltung von Umweltauflagen (Cross Compliance) sowie die Forderungen verschiedener Zertifizierungsprogramme nach mehr Dokumentation, um eine Rückverfolgbarkeit der Lebensmittelproduktion zu gewährleisten. Aufgrund dieser Reformen und Bestimmungen wurden die Landwirte erstmals gezwungen, Kosten- und Ressourcen sparernd zu wirtschaften und ihre Arbeitsschritte genau zu dokumentieren. Viele Experten fordern daher für die Zukunft, diese Bemühungen EU-weit noch stärker zu fördern. Dieses Ziel könnte durch eine weitere Verschärfung bestehender Umweltauflagen und einer Erhöhung der Dokumentationspflicht erreicht werden. Dem entgegen stehen die Ausführungen von RÖSCH ET AL. (2007), die vor allen Dingen in der EU Agrarreform einen der wesentlichen Hemmnisfaktoren für den Diffusionsprozess von Precision Farming sehen. Dabei wurde durch den zunehmenden Rationalisierungsdruck infolge der Agrarreform ein zukunfts- und investitionsfeindliches Klima in der Landwirtschaft geschaffen, das nach Meinung von RÖSCH ET AL. (2007) Investitionen im Allgemeinen und insbesondere im Precision Farming Bereich hemmt. Dieses Bild kann in Bezug auf die Einschätzung der Zukunftsfähigkeit anhand der eigenen Untersuchungsergebnisse nicht bestätigt werden. Vielmehr zeigt sich in

den quantitativen Untersuchungen, dass insbesondere seit Inkrafttreten der EU Agrarreform zunehmend mehr Landwirte die eigene betriebliche Zukunft positiv bewerten und daher nicht von einem investitionsfeindlichen Klima ausgegangen werden kann (vgl. Abbildung 6.16). Eher ist es wichtig, zukünftig die vorhandenen politischen Rahmenbedingungen EU-weit zu vereinheitlichen, um so überall die gleichen Voraussetzungen zu schaffen. Bisher liegt die Umsetzung der Agrarrichtlinien im Zuständigkeitsbereich der Bundesländer und variiert von Bundesland zu Bundesland.

Denkbar wäre zudem eine finanzielle Förderung beim Kauf von Precision Farming Technologien durch den Staat. Thüringen hat 2007 ein staatliches Förderprogramm zum Gewässerschutz aufgelegt, in dem Maßnahmen zur Gewässerschonenden Landbewirtschaftung finanziell vom Land gefördert werden. Der N-Sensor zählt zu diesen Maßnahmen bzw. Technologien (THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT 2007).

Den dargestellten positiven Einschätzungen zur Zukunftsfähigkeit von Precision Farming in Deutschland stehen jedoch der bisherige Diffusionsprozess, die vorliegenden Akzeptanzmuster sowie die agrarstrukturellen Gegebenheiten entgegen. Deshalb zeichnet sich ab, dass eine vollständige Diffusion nach dem Modell der Diffusionsphasen von ROGERS (2003) für den Verbreitungsprozess von Precision Farming in Deutschland eher unwahrscheinlich ist. Vielmehr ist auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse davon auszugehen, dass sich Precision Farming regional unterschiedlich ausbreiten wird. Dabei werden sich einzelne Technologien zukünftig zu Standardtechnologien in der deutschen Landwirtschaft entwickeln. Hierzu zählen einerseits Technologien, wie Parallelfahrssysteme und automatische Lenksysteme, die sich durch eine geringe Komplexität auszeichnen und nachgewiesenermaßen einen bis dato vergleichsweise schnellen Diffusionsprozess in Deutschland hatten. Dieser wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch zukünftig, infolge der mit zunehmender Verbreitung sinkenden Kosten für die Technik, weiter fortsetzen. Andererseits zählen Methoden wie die GPS-Ertragskartierung, die GPS-Flächenvermessung und die GPS-Bodenbeprobung, die bereits heute schon weitläufig verbreitet sind, dazu. Ausschlaggebend für den bis dato hohen Diffusionsgrad und die zukünftig zu erwartende Weiterentwicklung dieser Technologien zu Standardtechnologien

sind die EU-Agrarreformen. Diese veranlassen schon jetzt viele Landwirte zum Einsatz von GPS bei der Flächenvermessung und Bodenbeprobung. Darüber hinaus wird sich die GPS-Ertragskartierung aufgrund der inzwischen serienmäßigen Ausstattung neuer Mähdrescher mit Ertragsmessgeräten zukünftig flächendeckend durchsetzen. Dabei stellt sich jedoch die Frage, inwieweit eine flächendeckende Verbreitung der Daten erfassenden Methoden sich auch positiv auf die Diffusion der VR Technologien auswirkt. Auf Grundlage der in dieser Untersuchung dargelegten Akzeptanz- und Verbreitungsmuster werden sich VR Technologien voraussichtlich auch in Zukunft regional unterschiedlich stark verbreiten. Dabei wird ein Verbreitungsschwerpunkt auf den landwirtschaftlich groß strukturierten Regionen Deutschlands liegen. Förderlich wirkt sich in diesem Zusammenhang der Agrarstrukturwandel aus. Dieser wird besonders in den groß strukturierten Regionen Westdeutschlands in den kommenden Jahren zu steigenden Flächen- und Betriebsgrößen führen (HEMMERLING ET AL. 2009 a), so dass zukünftig ein Einsatz von Precision Farming für immer mehr Betriebe in dieser Region attraktiv wird. In Süddeutschland hingegen ist der Einfluss des Strukturwandels aufgrund der kleineren Flächen- und Betriebsgrößen nur geringfügig ausgeprägt. Daher ist davon auszugehen, dass sich der Verbreitungsgrad von Precision Farming in diesen Gebieten auch in den kommenden Jahren nicht wesentlich erhöhen wird. Um dennoch die Verbreitung auch in diesen Gebieten zu fördern, müssen geeignete Voraussetzungen geschaffen werden. Eine wichtige Voraussetzung ist in diesem Zusammenhang der Ausbau des Dienstleistungsangebotes von Lohnunternehmern. Wie sich am Beispiel der USA zeigt, haben Lohnunternehmer und Landhändler wesentlich zu dem hohen Verbreitungsgrad von Precision Farming dort beigetragen (vgl. AKRIDGE & WHIPKER 1996; AKRIDGE & WHIPKER 2008). Für Deutschland liegen bisher nur wenige Informationen zur Akzeptanz und Nutzung von Precision Farming Technologien seitens der Akteursgruppe der Lohnunternehmer vor (vgl. JÜRGENS 2002; JÜRGENS 2004). Angesichts dieser Tatsache und im Hinblick auf die weitere Förderung der Diffusion von Precision Farming, besteht in diesem Bereich zukünftig Forschungsbedarf.

Darüber hinaus sollten *einfache*, weniger kostenintensive Lösungsvorschläge zu Precision Farming stärker in der landwirtschaftlichen Praxis propagiert wer-

den. Sie bieten eine kostengünstige Alternative zu den teuren Sensortechnologien und sind daher auch für kleinere Betriebe rentabel.

9 Zusammenfassung

Wie in der vorliegenden Untersuchung umfassend dargestellt werden konnte, befindet sich der Diffusionsprozess von Precision Farming in Deutschland, bezogen auf das Modell der Diffusionsphasen von ROGERS (2003), nach wie vor in der Anfangsphase. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass dieser nicht von einzelnen Kriterien, sondern von einer Kombination aus verschiedenen inneren und äußeren Adoptionsfaktoren gesteuert wird, wobei dem Faktor der Betriebsgröße, in Kombination mit den hohen Investitionskosten für die Technik, eine überproportional große Bedeutung zukommt. Das zeigt sich einerseits in den überdurchschnittlichen Betriebsgrößen der interviewten Experten und Landwirte der Interviewgruppe F (Nutzer), zum anderen in den nachgewiesenen räumlichen Verbreitungsmustern mit Schwerpunkt auf den landwirtschaftlich groß strukturierten Regionen Deutschlands. In diesem Punkt stimmen die vorliegenden Akzeptanzmuster mit denen anderer Länder überein (vgl. AKRIDGE & WHIPKER 2008; BLACKMORE ET AL. 2006; COOK ET AL. 2006; DABERKOW & MCBRIDE 2000; FOUNTAS ET AL. 2005a; PEDERSEN ET AL. 2004). Als logische Konsequenz ist, entgegen den theoretischen Vorstellungen der meisten Diffusionsmodelle (vgl. HÄGERSTRAND ET AL. 1973; ROGERS 2003; WINDHORST 1983), auch zukünftig nicht von einer vollständigen, flächendeckenden Verbreitung von Precision Farming - im Sinne der klassischen Definition - in Deutschland auszugehen. Vielmehr werden einzelne Technologien, wie die Daten erfassenden Methoden sowie die Parallelfahrssysteme und automatischen Lenksysteme, die bereits heute einen hohen Akzeptanzgrad in der landwirtschaftlichen Praxis erreicht haben, zukünftig zu Standardtechnologien reifen. Hingegen werden sich die nach wie vor sehr teuren VR Technologien auch weiterhin regional unterschiedlich stark ausbreiten. Hier wird der Verbreitungsschwerpunkt vermutlich konzentriert auf den landwirtschaftlich groß strukturierten Regionen Deutschlands liegen.

Angesichts der im Vergleich zu anderen hochentwickelten Ländern Europas strukturellen und ökonomischen Rückständigkeit der deutschen Landwirtschaft (HASERT 2003) - Ausnahme bilden die ostdeutschen Bundesländer - kann es sich ein Land wie Deutschland nicht leisten, mehrheitlich auf den Einsatz moderner und nachhaltiger Produktionsverfahren wie Precision Farming zu ver-

zichten und damit den Anschluss an die internationale Entwicklung zu verlieren. Die zunehmenden Abhängigkeiten von den Preisentwicklungen am Weltmarkt, die Forderung von Verbrauchern und Lebensmittelindustrie nach mehr Transparenz sowie die durch die Landwirtschaft verursachten Umweltbelastungen unterstreichen diese Einschätzung. Daher ist es auch in Zukunft wichtig, den Diffusionsprozess von Precision Farming weiter zu fördern und geeignete Voraussetzungen zu schaffen, die es auch kleineren Betrieben ermöglichen, die Technologie verstärkt zu nutzen. In diesem Zusammenhang sollte von dem klassischen Definitionsbegriff von Precision Farming als kompletter Systemansatz abgerückt werden und vielmehr der schon im Rahmen von preagro II diskutierte Ansatz der *informationsgeleiteten Landwirtschaft* (vgl. Kapitel 2.3) stärker propagiert werden. Grundsätzlich gilt jedoch, dass ein Erfolg versprechender Diffusionsprozess von Precision Farming in Deutschland von der Erfüllung folgender Voraussetzungen abhängig ist:

- die Lösung der nach wie vor bestehenden Kompatibilitätsprobleme zwischen verschiedenen Hardwarekomponenten sowie zwischen Hardware und Software seitens der Industrie
- der Ausbau des Dienstleistungsangebotes im Precision Farming Bereich
- die Ausweitung der Officialberatung
- die Implementierung von Precision Farming Themen in der Ausbildung an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen sowie
- die Schaffung einheitlicher, geeigneter politischer Rahmenbedingungen, die einen Einsatz dieser Technologie fördern.

10 Literaturverzeichnis

AKRIDGE, J. T. & WHIPKER, L. D. (1996): Precision Agriculture Services dealership survey results. Herausgegeben vom Center of Agricultural Business, Purdue University. (Staff-Paper, 97 - 10).

AKRIDGE, J. T. & WHIPKER, L. D. (2008): Responding to a changing market. In: Schrimpf P. (Hg.): Croplife. Willoughby, OH, S. 12–23.

ARNOLD, A. (1997): Allgemeine Agrargeographie.. 1. Aufl. Gotha: Klett-Perthes.

ARNHOLT, M., BATTE, M. T., PROCHASKA, S. (2001): Adoption and Use of Precision Farming Technologies: A Survey of Central Ohio Precision Farmers. Herausgegeben vom Department of Agricultural, Environmental and Development Economics, Ohio State University Columbus. (AEDE-RP-0011-01).

ARNHOLT, M., BATTE, M. T., PROCHASKA, S. (2001): Adoption of Precision Farming Component Technologies: A Survey of Precision Farming in Central Ohio. Herausgegeben vom Department of Agricultural, Environmental and Development Economics, Ohio State University. Columbus. (AEDE - FR - 0008).

ATTESLANDER, P. (2006): Methoden der empirischen Sozialforschung. Berlin: Walter de Gruyter GmbH.

AUERNHAMMER, H. (2000): IT in der Landwirtschaft von morgen - Visionen und erwartete Realitäten. In: Birkner U., Amon H., Ohmeyer G., Reiner L. (Hg.): Referate der 21 GIL Jahrestagung in Freising Weißenstephan (13), S. 10–14.

AUERNHAMMER, H. (2002): The Role of Mechatronics in Crop Product Traceability. In: The CIGR Journal of Scientific Research and Development, H. 4, S. 1–21.

AUTORENKOLLEKTIV PREAGRO (2008): Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung - preagro II. Abschlussbericht. Herausgegeben von Werner, A., Dreger, F. und Schwarz, J. Leibnitz-Zentrum für Agrarforschung (ZALF) Münchenberg. Online verfügbar unter www.preagro.de.

BAHRENBERG, G., GIESE, E., NIPPER, J. (1999): Statistische Methoden der Geographie Band 1. Stuttgart, Leipzig: Teubner.

BAPTISTA, R. (1999): The diffusion of process innovation: a selective review. In: *International Journal of the Economics of Business*, Jg. 6, H. 1, S. 107–129.

BATINIC, B., HAUPT, C. M., WIESELHUBER, J. (2006): Validierung und Normierung des Fragebogens zur Erfassung von Trendsetting. In: *Diagnostica*, Jg. 52, H. 2, S. 60–72

BATTE, T. M. & ARNHOLT, W. M. (2003): Precision farming adoption and use in Ohio: Case-studies of six leading-edge adopters. In: *Computers and electronics in agriculture*, H. 38, S. 125–139.

BLACKMORE, S., GODWIN, R., FOUNTAS, S. (2003): The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. In: *Biosystem Engineering*, Jg. 84, H. 4, S. 455–466.

BLACKMORE, S., GRIEPENTROG, H. W., PEDERSEN, S. M., FOUNTAS, S. (2006): Europe. The current status of Precision Farming in Europe. In: Srinivasan A. (Hg.): *Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications*. New York: The Haworth Press, S. 567–613.

BONGIOVANNI, R. & LOWENBERG-DEBOER, J. (2006): Argentina. In: Srinivasan A. (Hg.): *Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications*. New York: The Haworth Press, S. 615–633.

BORTZ, J. (2005): *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 6. Auflage. Heidelberg: Springer Verlag.

BRASE, T. A. (2006): *Precision Agriculture*. 1st ed. Clifton Park, NY: Thomson/Delmar Learning.

BREKER, H. (2005): *Agrarreform 2005*. Fachschule für Agrarwirtschaft Herford.

BREUER, T. (1985): *Die Steuerung der Diffusion von Innovation in der Landwirtschaft*. Herausgegeben von Gerstenhauer, A. und Steinberg, H. G. Universität Düsseldorf. Düsseldorf. (Düsseldorfer Geographische Schriften, 24).

BROSIUS, F. (2008): *SPSS 16. Das mitp-Standardwerk*. 1. Aufl. Heidelberg: Redline GmbH.

BROZIO, S. (2004): Teilflächenspezifische Stickstoff Düngung. In: Hufnagel J., Herbst R., Jarfe A., Werner A. (Hg.): *Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis*. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 4, S. 17–25.

CLIVE, J. (2003): Global review of commercialized transgenic crops. In: *Current Science*, Jg. 84, H. 3, S. 303–309.

COOK, S., ADAMS M., BRAMLEY, R., WEHLAN B. (2006): Australia. In: Srinivasan A. (Hg.): *Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications*. New York: The Haworth Press, S. 529–566.

DABERKOW, S., FERNANDEZ-CORNEJO, J., PADGITT, M. (2002): Precision agriculture technology diffusion: current status and future prospects. In: Robert P. C. (Hg.): *International Conference on Precision Agriculture and other resource management*. Madison, WI.

DABERKOW, S. & MCBRIDE, W.D. (2000): Adoption of Precision Agriculture technologies by U.S farmers. In: Robert P. C., Rust R. H., Larson W. E. (Hg.): *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture*. Madison, WI.

DABERKOW, S.T. & MCBRIDE, W.D. (2003): Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. In: *Precision Agriculture*, H. 4, S. 163–177.

DAMMER, K. H. (2004): Teilflächenspezifische Ausbringung von Herbizide in Getreide und Leguminosen nach artenunabhängiger Unkrauterfassung. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): *Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis*. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3, S. 33–37.

DASKALOPOULOU, I. & PETROU, A. (2002): Utilising a farm typology to identify potential adopters of alternative farming activities in Greek agriculture. In: *Journal of Rural Studies*, Jg. 18, H. 1, S. 95–103.

DATTÉE, B. & WEIL, H. B. (2007): Dynamics of social factors in technological substitutions. In: *Technological forecasting & social change*, H. 74, S. 576–607.

DAVIER, J. Z. VON (2007): Leistungsorientierte Entlohnung in der Landwirtschaft: eine empirische Analyse. Dissertation. Betreut von Bahrs, E. und Theuvsen, L.. Göttingen. Georg - August - Universität, Fakultät der Agrarwissenschaften. Online verfügbar unter

http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2007/davier_von/davier_von.pdf, zuletzt geprüft am 07.09.2010.

DAVIS, F. D. (1989): Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. In: *MIS Quarterly*, Jg. 13, S. 319–340.

DEMMELE, M. (2005): Ertragserfassung in der Landtechnik. Veranstaltung vom 1.3.2005, aus der Reihe "Sensoren in der Landtechnik - Grundlagen und Anwendungen". Wieselburg, Österreich. Veranstalter: Landwirtschaftliche Bundeslehranstalt Francisco-Josephinum in Wieselburg, Österreich. Online verfügbar unter

http://www.blb.bmlfuw.gv.at/vero/veranst/026/8_Demmel_Lfl_Ertragsermittlung-1.pdf, zuletzt geprüft am 07.04.2009.

EHLERT, D. (1998): Inhalt und Bestandteile der Teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. Herausgegeben von Ehlert, D. und Grothe, F. Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB). Potsdam. (Bornimer Agrartechnische Berichte, 20).

EHLERT, D. (2004): Erfassung der Pflanzenmasse mit dem Pendelsensor. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3, S. 95–98.

FERNANDEZ-CORNEJO, J. (2009): Adoption of Genetically Engineered Crops in the U.S.. Herausgegeben vom United States Department of Agriculture - Economic Research Service. Online verfügbar unter

<http://www.ers.usda.gov/Data/BiotechCrops/>, zuletzt aktualisiert am 01.07.2009, zuletzt geprüft am 27.08.09.

FINK, A. (2006): How to conduct surveys a step-by-step guide. Thousand Oaks, London, New Delhi: Sage Publications Int.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (2009): FAO Stat. Herausgegeben von der Food and Agriculture Organization. Online verfügbar unter <http://faostat.fao.org/site/377/default.aspx#ancor>, zuletzt aktualisiert am 29.07.09.

FOUNTAS, S. (1998): Market research on the views and perceptions of farmers about the role of crop management within precision agriculture. Herausgegeben von der U. K. Cranfield University Silsoe. Silsoe, United Kingdom.

FOUNTAS, S., BLACKMORE, S., ESS, D., HAWKINS, G., BLUMHOFF, G., LOWENBERG-DEBOER, J. (2005a): Farmer Experience with Precision Agriculture in Denmark and the US Eastern Corn Belt. In: Precision Agriculture, Jg. 6, H. 2, S. 121–141.

FOUNTAS, S., PEDERSEN, S. M., BLACKMORE, S. (2005b): ICT in Precision Agriculture - diffusion of technology. Herausgegeben von Gelb, E. und Offers A. European Federation for Information Technologies in Agriculture, Food and the Environment (EFITA). (Ebook: ICT in Agriculture - Perspectives of technological innovation). Online verfügbar unter

<http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-table.html>.

GEBBERS, R. (2004a): Auswertung von Ertragskarten. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3, S. 77–82.

GEBBERS, R. (2004b): Grundnährstoffkartierung (P, K, Mg und pH) für die Bodenausgleichdüngung. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3, S. 61–65.

GEBBERS, R. (2004c): Mehrjährige Auswertung von Ertragskarten. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3, S. 77–82.

GELB, E. (2006): Priorities for Agricultural Research, Development and ICT Adoption. Remain a Challenge. In: Proceedings of the 5th Conference of the Asian Federation for Information Technology in Agriculture (AFITA - 2006).

GELB, E. & PARKER, C. (2005): Is ICT Adoption for Agriculture Still an Important Issue? Herausgegeben von Gelb, E. und Offers A. European Federation for Information Technologies in Agriculture, Food and the Environment (EFITA). (Ebook: ICT in Agriculture - Perspectives of technological innovation). Online verfügbar unter <http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-table.html>, zuletzt geprüft am 20.03.2009.

GELB, E., WAGNER, P., ROSSKOPF, K., PARKER, C., SCHIEFER, G. (2005): ICT Adoption - From Bonn to Debrecen: A Summary of the EFITA Questionnaires. Herausgegeben von Gelb, E. und Offers A. European Federation for Information Technologies in Agriculture, Food and the Environment (EFITA). (Ebook: ICT in Agriculture - Perspectives of technological innovation). Online verfügbar unter <http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-table.html>, zuletzt geprüft am 20.03.2009.

GRENZDÖRFER (2004): Hochgenaue digitale Luftbilder. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3.2, S. 45–50.

GRIFFIN, T. & LOWENBERG-DEBOER, J. (2005): Worldwide adoption and profitability of precision agriculture. Implications for Brazil. In: *Revista de Politica Agricola*, Jg. 14, 04, H. 14, 04, S. 20–37.

GRIFFIN, T., LOWENBERG-DEBOER, J., LAMBERT, D. M., PEONE, J., PAYNE, T., DABERKOW, S. (2004): Adoption, profitability and making better use of precision farming data. Herausgegeben vom Department of Agricultural Economics, Purdue University. West Lafayette, Indiana. (Staff-Paper, 04-06).

GRIGG, D. (1995): *An Introduction to Agricultural Geography*. Second Edition. London: Routledge Chapman & Hall

GRUSY, R. (2003): Precision Farming in Central Kentucky: Evaluating Public and Private Sector Influence on the Adoption Decision. In: Department of Agronomy (Hg.): *Soil Science News and Views*. Lexington, Kentucky, 23, 2, S. 1–6.

HÄGERSTRAND, T. (1952): The propagation of innovation waves. Lund, Sweden (Lund studies in geography - Ser B Human Geography, 4).

HÄGERSTRAND, T. (1970): What about people in regional science. In: *Papers in Regional Science*, Jg. 24, H. 1, S. 7–24.

HÄGERSTRAND, T., PRED, A., HAAG, G. (1973): *Innovation diffusion as a spatial process*. 2. impr. Chicago, Ill.: Univ. of Chicago Press.

HAGGETT, P. (2003): *Geographie. Eine globale Synthese*. 3. Aufl. Stuttgart, Germany: Eugen Ulmer.

HASERT, G. (Hg.) (2003): *Zukunftsträchtiger Ackerbau. Systeme der computer- und GPS-gestützten teilflächenspezifischen Bewirtschaftung praxisnah bewertet*. Berlin: Deutscher Bauernverlag.

HEMMERLING, U., NAß, S., ALTER, C. (2009 a): *Agrimente 2009. Zahlen, Daten, Fakten zur deutschen Landwirtschaft*. Herausgegeben von der Informations Medien Agrar (IMA) und der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle GmbH (ZMP). Bonn.

HEMMERLING, U., PASCHER P., NAß, S., LAU M. (2009 b): *Situationsbericht 2010. Trends und Fakten zur Landwirtschaft*. Deutscher Bauernverband. Berlin. Online verfügbar unter www.situationsbericht.de, zuletzt geprüft am 26.07.2010.

HERBST, R. (2004a): Erhebung von Boden- und Bestandesunterschieden in On-line- und Offline-Verfahren. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3, S. 13–14.

HERBST, R. (2004b): Leitfähigkeitsmessungen mit dem EM 38. In: Hufnagel J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3, S. 37–40.

HÜTER, J. & KLÖBLE, U. (2007): Precision Farming in der Praxis - Technik und Anwendungsmöglichkeiten. Folienserie für Aus- und Weiterbildung: KTBL.

HÜTER, J., KLOEPFER, F., KLÖBLE, U. (2005): Elektronik, Satelliten und Co. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hg.). Darmstadt: KTBL- Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH Münster.

JOCHINKE, D. C., NOONON, B. J., WACHSMANN N.G., NORTON, R. M. (2007): The adoption of precision agriculture in an Australian broad acre cropping system - Challenges and opportunities. In: Fiels Crops Research: an International Journal, H. 104, 1-3, S. 68–76.

JÜRGENS, C. (2002): Ergebnisbericht der Umfrage zur Akzeptanz von Precision Farming in Deutschland. Universität Regensburg. Regensburg.

JÜRGENS, C. (2004): Ergebnisbericht der Umfrage zur Akzeptanz von Precision Agriculture in Deutschland. Lehrstuhl für Kulturgeographie, Universität Regensburg. Regensburg.

KILIAN, B., HURLEY, T.M., MALZER, G. (2001): Economic Aspects of Precision Agriculture: An Economic Assessment of Different Site-Specific N-Fertilization Approaches. In: Grenier, G., Blackmore, S. (Hg.): Proceedings of the Third European Conference on Precision Agriculture. Montpellier, France: agro Montpellier, S. 521–526.

KLOEPFER, F. (2004): Technik für Precision Farming. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 3.1, S. 1–23.

KUTTER, T., TIEMANN, S. SIEBERT, R. FOUNTAS, S. (2009): The role of communication and cooperation in the adoption of precision farming. In: Precision Agriculture. Online verfügbar unter doi: 10.1007/s111119-009-9150-0, zuerst veröffentlicht: 21.11.2009, zuletzt geprüft am 10.06.2010.

LAMB, D. W., FRAZIER, P., ADAMS, P. (2008): Improving pathways to adoption: Putting the right P's in Precision Agriculture. In: Computers and electronics in agriculture, Jg. 61, H. 1, S. 4–9.

LIMBRUNNER, B. & MAIDL, F. X. (2007): Non-contact measurement of the actual nitrogen status of winter wheat canopies by laser-induced chlorophyll fluorescence. In: Stafford J. V. (Hg.): Precision agriculture '07. Wageningen: Wageningen Academic Publ., S. 173–179.

LOWENBERG-DEBOER, J. (2003): Precision Farming or Convenience Agriculture. In: The Australian Society of Agronomy (Hg.): Solutions for a better world. Geelong Victoria, Australia .

LUDOWICY, CH, SCHWAIBERGER, R., LEITHOLD, P. (2002): Precision farming. Handbuch für die Praxis. 1. Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verl.

MAUL, A., RICHTER, M., GRAMM, U. (2008): Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten 2008. Herausgegeben vom Landwirtschaft und Verbraucherschutz Bundesministerium für Ernährung. Münster. (Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland, 52).

MEIER-KRUKER, V. & RAUH, J. (2005): Arbeitsmethoden der Humangeographie. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

MEUSER, M. & NAGEL, U. (2005): ExterInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht. In: Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (Hg.): Das Experteninterview. Theorie, Methoden, Anwendung. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, S. 71–93.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, BOARD ON AGRICULTURE (1997): Precision agriculture in the 21st century. Geospatial and information technologies in crop management. Washington, D.C.: National Academy Press.

NELL, W. T., MAINE, N., BASSON, P. M. (2006): Africa. In: Srinivasan A. (Hg.): Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications. New York: The Haworth Press, S. 465–500.

PAHL, H. (2007): Müssen die Intensitäten bei Getreide und Ölsaaten durch die gestiegenen Verkaufspreise angepasst werden? Veranstaltung vom Dezember 2007. Online verfügbar unter

www.lkp-bayern.de/database/...0/Vortrag%20Dr.%20Pahl.pdf, zuletzt geprüft am 06.07.2010.

PASCHER, P., STÜWE, F., ANGERMAIR, W., FRANKENBERGER, R., MAROVELLI, S., STÜWE, B. (2006): Fakten & Trend 2006 - Zur Situation der Landwirtschaft. Herausgegeben vom Buchführungsdienst der Bayrischen Jungbauernschaft e.V. Pfarrkirchen.

PEDERSEN, S. M. (2003): Precision farming - Technology assessment of site-specific input application in cereals. Dissertation. Betreut von Pedersen, J. L. und Gylling, M.. Technical University of Denmark, Department of Manufacturing Engineering and Management. Copenhagen, Lyngby, Denmark. Online verfügbar unter

http://www.cpf.kvl.dk/Papers/SMPedersen_Thesis/SMPedersen_PhD.pdf, zuletzt geprüft am 10.06.2009.

PEDERSEN, S. M., FERGUSON, R. B., LARK M. (2001): A Comparison of Producer Adoption of Precision Agricultural Practices in Denmark, the United Kingdom and the United States. Herausgegeben von Christensen, J. Danish Institute of Agriculture and Fisheries Economics. Copenhagen, Denmark.

PEDERSEN, S. M., FOUNTAS, S., BLACKMORE, S., GYLLING, B. S., PEDERSEN, J. L. (2004): Adoption and Perspective of Precision Farming in Denmark. In: *Acta Agriculturae Scandinavica - Section B Plant Soil Science*, Jg. 54, H. 1, S. 2–8. Online verfügbar unter doi: 10.1080/09064710310019757.

PEDERSEN, S. M. & PEDERSEN, J. L. (2002): Economic and Environmental Impact of Site Specific N-Application - Based on Different Weather Conditions and Arable Crops. In: Robert, P. C. (Hg.): *Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture*. Minneapolis, MN, USA, S. 1814–1825.

PREAGRO AUTORENKOLLEKTIV (2008): Abschlussbericht: Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung - preagro II. Herausgegeben von Werner, A., Dreger, F. und Schwarz, J. (Leibnitz-Zentrum für Agrarforschung (ZALF) Müncheberg). Müncheberg. Online verfügbar unter

http://www.preagro.de/Veroeff/preagro_Abschlussbericht_2008.pdf, zuletzt geprüft am 22.04.2009.

RATZEL, F. (1882): *Anthropogeographie*. Stuttgart, Germany: Engelhorn (Neuaufgabe 1975 wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt).

REICHARDT, M. & JÜRGENS, C. (2007): Adoption and perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among the different agricultural target groups. In: Stafford J. V. (Hg.): Precision Agriculture. Proceedings of the 6th European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece, 3-6 June 2007. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publ., S. 843–850.

REICHARDT, M. & JÜRGENS, C. (2009): Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. In: Precision Agriculture, Jg. 2009, H. 10, S. 73–94.

REICHARDT, M., JÜRGENS, C., KLÖBLE, U., HÜTER, J., MOSER, K. (2009): Dissemination of precision farming in Germany: acceptance, adoption, obstacles, knowledge transfer and training activities. In: Precision Agriculture. Online verfügbar unter doi: 10.1007/s11119-009-9112-6, zuerst veröffentlicht: 15.03.2009.

REIDELSTÜTZ, P., JUNCKER-SCHWING, F., RECKNAGEL, J. (2006): Fortschrittliche Technologien für die Modulation des Einsatzes von Betriebsmitteln auf Schlagenebene und im Gewinn. Herausgegeben von R. Vetter und P. Reidelstütz. Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landbewirtschaftung ITADA.

RITTER, C., DICKE, D., WEIS, M., OEBEL, H., PIEPHO, H. G., BÜCHSE, A., GERHARDS, R. (2008): An on-farm approach to quantify yield variation and to derive decision rules for site-specific weed management. In: Precision Agriculture, Jg. 9, H. 3, S. 133–146.

ROGERS, E. M. (1958): Categorizing the adopters of agricultural practices. In: Rural Sociology, Jg. 23, H. 4, S. 346–354.

ROGERS, E. M. (2003): Diffusion of innovations. 5. ed. New York, NY: Free Press.

RÖSCH, C., DUSSELDORP, M., MEYER R. (2005): Precision Agriculture. Moderne Agrartechniken und Produktionsmethoden - Ökonomische und Ökologische Potentiale. Herausgegeben vom Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Berlin. (TAB Arbeitsbericht, 106).

RÖSCH, C., DUSSELDORP, M., MEYER, R. (2007): Precision Agriculture. Landwirtschaft mit Satellit und Sensor. 1. Aufl. Frankfurt a. M.: Deutscher Fachverlag (Edition Agrar).

ROLOFF, G. & FOCHT, D. (2006): Brazil. In: Srinivasan A. (Hg.): Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications. New York: The Haworth Press, S. 635–656.

ROSSKOPF, K. & WAGNER, P. (2003): Akzeptanz neuer Technologien in der Landwirtschaft - Ergebnisse einer empirischen Studie. In: Budde H. J., Müller R., A. Birkner, U. (Hg.): Referate der 24 GIL Jahrestagung in Göttingen 2003. Berichte der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. 16 Bände. Göttingen, Bd. 16, S. 126–130.

ROSSKOPF, K. & WAGNER, P. (2006): Vom Daten- zum Wissensmanagement: Wofür verwenden Landwirte einen Computer. Veranstaltung vom 06.03.2006. Potsdam. Veranstalter: Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft.

RYAN, B. & GROSS, N. C. (1943): The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa Communities. In: Rural Sociology, Jg. 8, H. 1, S. 15–24.

SCHNEIDER, M. & WAGNER, P. (2006): Prerequisites for the Adoption of new Technologies - the Example of Precision Agriculture. In: World Congress: Agricultural Engineering for a Better World 2006. XVI CIGR World Congress; AgEng Bonn 2006; 64th VDI-MEG International Conference Agricultural Engineering; FAO Workshop Global Issues. Düsseldorf: VDI-Verl., S. CD-Rom.

SCHNEIDER, M. & WAGNER, P. (2007): An Economic Evaluation of Precision Farming at the Farm Level. In: Stafford J. V. (Hg.): Precision agriculture '07. Wageningen: Wageningen Academic Publ.

SCHNELL, R., HILL, P. B., ESSER, E. (2005): Methoden der empirischen Sozialforschung. München, Germany: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.

SILVERMAN, B. W. (1986): Density Estimation for Statistics and Data Analysis. New York: Chapman and Hall.

SÖKEFELD, M., GERHARDS, R., OEBEL, H., THERBURG, R.- D. (2007): Image acquisition for weed detection and identification by digital image analysis. In: Stafford J. V. (Hg.): Precision agriculture '07. Wageningen: Wageningen Academic Publ., S. 523–528.

SRINIVASAN, A. (2006): Asia. In: Srinivasan A. (Hg.): Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications. New York: The Haworth Press, S. 501–528.

STAFFORD, J. V. (2000): Implementing Precision Agriculture in the 21st Century. In: Journal of Agricultural Engineering Research, Jg. 76, H. 3, S. 267–275.

STRECKER, O. A., HEIßENHUBER, A., GANDORFER, M., KLIEBISCH, C., MEYER-AURICH, A. (2004): Ökonomische Aspekte von Precision Agriculture.

SUDDUTH, K. (2007): Current status and future directions of precision agriculture in the USA. In: Proceedings 2nd Asian Conference on Precision Agriculture. Pyeongtaek, Korea, S. CD- Rom.

SUNDING, D. & ZILBERMAN, D. (2001): The Agricultural Innovation Process. Research and technology adoption in a changing agricultural sector. In: Gardner B., Rausser G. C. (Hg.): Handbook of Agricultural Economics: Elsevier Science and Technology, S. 207–261.

SWINTON, S. M. & LOWENBERG-DEBOER, J. (2001): Global adoption of precision agriculture technologies: who, when and why. In: Grenier G., Blackmore S. (Hg.): Proceedings of the Third European Conference on Precision Agriculture. Montpellier, France: agro Montpellier, S. 557–562.

TARDE, G. (1903): The laws of imitation. New York: Henry Holt and Company.

TIMMERMANN, C., GERHARDS, R., KÜHBAUCH, W. (2003): The Economic Impact of Site-Specific Weed Control. In: Precision Agriculture, Jg. 4, H. 3, S. 249–260.

THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (2007): Gewässerschonende Landbewirtschaftung in Thüringen - Reduzierung der Nährstoffeinträge in die Thüringer Gewässer. Herausgegeben vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Erfurt. Online verfügbar unter

<http://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload871.pdf>, zuletzt geprüft am 20.09.2010.

VANACHT, M. (2008): Die weiße Revolution - Informationstechnologien als Wegbereiter der Internationalisierung der Landwirtschaft. Veranstaltung vom 28.02.2008. Berlin. Veranstalter: Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. Müncheberg. Online verfügbar unter

http://www.preagro.de/docs/Grundsatzreferat_Vanacht.pdf.

VENKATESH, V. & DAVIS, F. B. (2000): A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. In: Management Science, Jg. 46, H. 2, S. 186–204.

VIERBOOM, C., HÄRLEN, I., SIMONS, J. (2006): Akzeptanz organisatorischer und technologischer Innovationen in der Landwirtschaft bei Verbrauchern und Landwirten. In: Zimpelmann, U. (Hg.): Organisatorische und technologische Innovationen in der Landwirtschaft. Frankfurt am Main: Landwirtschaftliche Rentenbank (Band 21), S. 171–209.

WALTON J. C., ROBERTS R. K., LAMBERT, D. M., LARSON, J. A., BURTON, C. E., LARKIN, S. L. (2010): Grid soil sampling adoption and abandonment in cotton production. In: Precision Agriculture, Jg. 11, H. 2, S. 135–147. Online verfügbar unter 10.1007/s111119-009-9144-y, zuerst veröffentlicht: 18.12.2009, zuletzt geprüft am 10.06.2010.

WARREN, M. F. (2002): Adoption of ICT in agricultural management in the United Kingdom: the intra-rural digital divide. In: Agricultural Economy, Jg. 48, H. 1, S. 1–8.

WERNER, A. (2002): preagro - ein integrativer Forschungsbeitrag zur Entwicklung und Anwendung von Precision Agriculture in der Praxis. In: Werner, A., Jarfe, A. (Hg.): Precision Agriculture. Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis ; Tagungsband Precision Agriculture Tage, 13. - 15. März [2002] in Bonn. Darmstadt: KTBL (KTBL-Sonderveröffentlichung, 038), S. 11–17.

WERNER, A. (2004): Einführung. Was ist Precision Farming. In: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Hg.): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 419), Bd. 1, S. 1–14.

WERNER, A., JARFE, A. (Hg.) (2002a): Precision Agriculture. Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis ; Tagungsband Precision Agriculture Tage, 13. - 15. März [2002] in Bonn. Darmstadt: KTBL (KTBL-Sonderveröffentlichung, 038).

WERNER, A., JARFE, A., KLOEPFER, F., KOTTENRODT, D. (2002b): Forschungskonzept und Projektstruktur von preagro. In: Werner, A., Jarfe, A. (Hg.): Precision Agriculture. Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis ; Tagungsband Precision Agriculture Tage, 13. - 15. März [2002] in Bonn. Darmstadt: KTBL (KTBL-Sonderveröffentlichung, 038), S. 483–499.

WHELAN, B. (2007): Current status and future directions of precision agriculture in Australia. In: Proceedings 2nd Asian Conference on Precision Agriculture. Pyeongtaek, Korea, S. 60–71.

WINDHORST, H.- W (1979): Die sozialgeographische Analyse raum-zeitlicher Diffusionsprozesse auf der Basis der Adopterkategorien von Innovationen. In: Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie, H. 27, S. 244–266.

WINDHORST, H.- W (1983): Geographische Innovations- und Diffusionsforschung. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt (Erträge der Forschung, 189).

Anhang A – Abbildungen und Tabellen

Übersicht Abbildungen:

Abbildung A.1 BBCH-Codierung der wichtigsten phänologischen Entwicklungsstadium von Getreide

Abbildung A.2 Prozentualer Anteil an eigener und geliehener Technik bei der Interviewgruppe F (Nutzer)

Abbildung A.3 Einstiegsreihenfolge der Experten

Übersicht Tabellen:

Tabelle A.1 Ergebnisse Scheffé-Test: signifikanter Unterschiede der durchschnittlichen Schlaggröße der Interviewgruppen

Tabelle A.2 Ergebnisse Scheffé-Test: signifikante Unterschiede zwischen den Interviewgruppen in der Bodenheterogenität, aufgelistet nach Umfragejahren

Tabelle A.3 Unterrichtsinhalte zu Precision Farming

Tabelle A.4 Vorhandene Unterrichtsmaterialien zu dem Thema Precision Farming

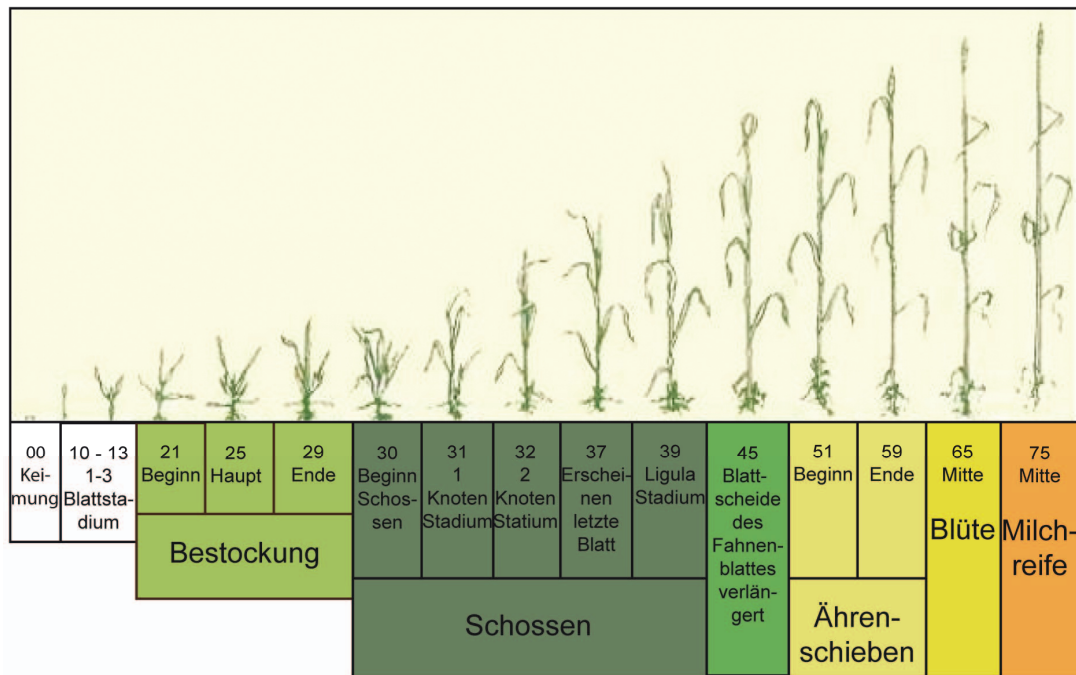


Abbildung A.1 BBCH-Codierung der wichtigsten phänologischen Entwicklungsstadium von Getreide

Quelle: (WITZENBERGER 1989, S. 184)

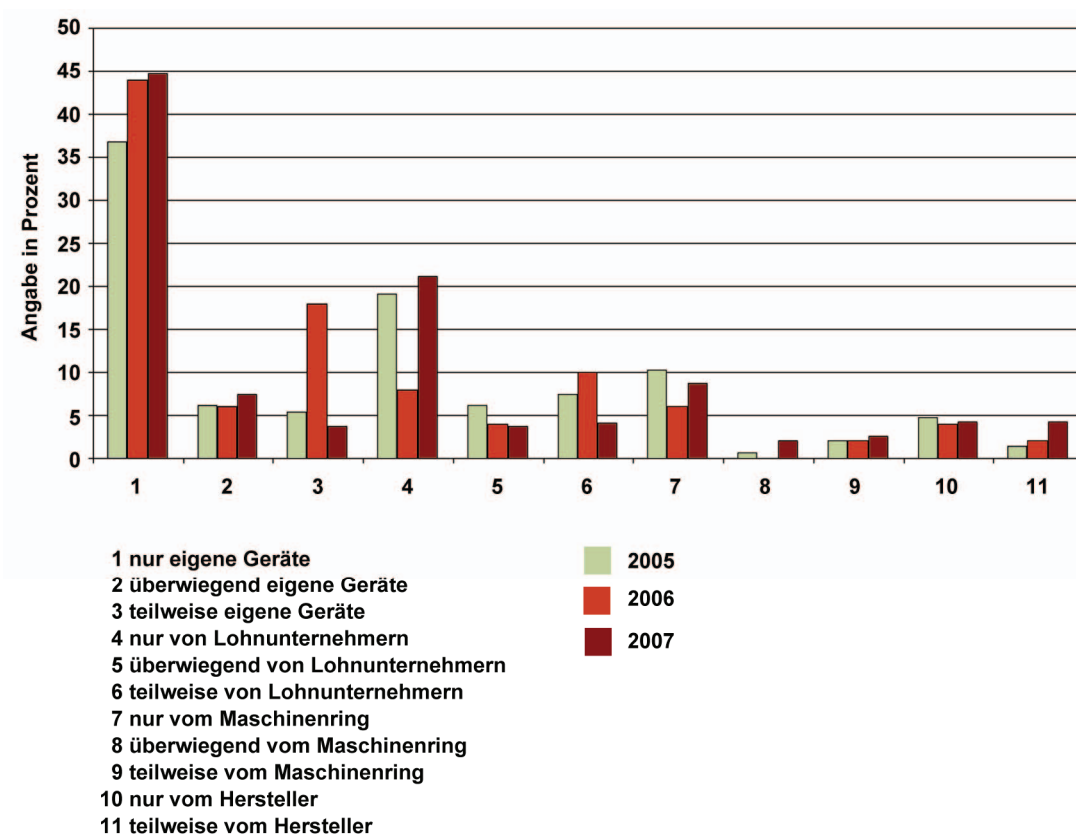


Abbildung A.2 Prozentualer Anteil an eigener und geliehener Technik bei der Interviewgruppe F (Nutzer)

Landwirt 1	GPS- Flächenvermessung Parallelfahrssystem/ Autotrack				
Landwirt 2	GPS-Flächenvermessung GPS-Bodenbeprobung GPS-Ertragskartierung				
Landwirt 3	GPS-Flächenvermessung GPS-Bodenbeprobung GPS-Ertragskartierung Diff. Grunddüngung	Parallelfahrssystem/ Autotrack			
Landwirt 4	GPS-Flächenvermessung GPS-Bodenbeprobung	Diff. N Düngung mit Sensor			
Landwirt 5	GPS-Flächenvermessung GPS-Ertragskartierung	Parallelfahrssystem/ Autotrack			
Landwirt 6	GPS-Ertragskartierung	GPS-Flächenvermessung GPS-Bodenbeprobung Parallelfahrssystem/ Autotrack			
Landwirt 7	GPS-Ertragskartierung	Diff. N Düngung mit Crop- Meter, Diff. Pflanzenschutz, Parallelfahrssystem/ Autotrack			
Landwirt 8	GPS-Bodenbeprobung Luftbilder GPS-Ertragskartierung	Diff. Grunddüngung Diff. N Düngung mit Crop- Meter, Diff. Pflanzenschutz			
Landwirt 9	Diff. N Düngung mit Sensor	GPS-Bodenbeprobung	GPS-Flächenvermessung		
Landwirt 10	GPS- Flächenvermessung Parallelfahrssystem	GPS-Bodenbeprobung GPS-Ertragskartierung	Diff. Grunddüngung		
Landwirt 11	GPS-Ertragskartierung	GPS-Bodenbeprobung	Diff. Grunddüngung Diff. N-Düngung mit Sensor, Parallelfahrssystem/ Autotrack Map-Overlay		
Landwirt 12	GPS-Bodenbeprobung	Diff. Grunddüngung	GPS-Ertragskartierung		
Landwirt 13	GPS-Flächenvermessung	GPS-Ertragskartierung	GPS-Bodenbeprobung Parallelfahrssystem/Autotrack		
Landwirt 14	GPS-Bodenbeprobung	GPS-Flächenvermessung	Differenzierte Kalkung		
Landwirt 15	GPS-Flächenvermessung	Parallelfahrssystem/Autotrack	GPS-Ertragskartierung		
Landwirt 16	GPS-Ertragskartierung	Diff. N-Düngung mit Sensor	Parallelfahrssystem/Autotrack	Diff. Pflanzenschutz	
Landwirt 17	GPS-Flächenvermessung	GPS-Ertragskartierung	GPS-Bodenbeprobung	Diff. Kalkung	
Landwirt 18	GPS-Flächenvermessung GPS-Bodenbeprobung Luftbilder Diff. Grunddüngung	GPS-Ertragskartierung	Diff. N-Düngung mit Sensor	Diff. Pflanzenschutz	
Landwirt 19	GPS-Flächenvermessung	GPS-Ertragskartierung	GPS-Bodenbeprobung	Diff. Grunddüngung Diff. N-Düngung mit Sensor Parallelfahrssystem/Autotrack	
Landwirt 20	Diff. N Düngung mit Sensor	GPS-Ertragskartierung	Diff. Pflanzenschutz	GPS-Bodenbeprobung Diff. Grunddüngung	
Landwirt 21	GPS-Flächenvermessung	GPS-Ertragskartierung	Diff. N-Düngung mit Sensor (probeweise)	GPS-Bodenbeprobung	
Landwirt 22	GPS-Flächenvermessung	GPS-Bodenbeprobung	GPS-Ertragsmessung EM38 (probeweise)	Diff. N-Düngung mit Sensor	Diff. Grunddüngung Parallelfahrssystem/Autotrack
Landwirt 23	GPS-Flächenvermessung GPS-Bodenbeprobung Diff. N Düngung ohne Sensor	GPS-Ertragskartierung Diff. Grunddüngung	Diff. Pflanzenschutz	EM 38	Diff. N-Düngung mit Sensor

Abbildung A.3 Einstiegsreihenfolge der Experten

Tabelle A.1 Ergebnisse Scheffé-Test: signifikanter Unterschiede der durchschnittlichen Schlaggröße der Interviewgruppen

Befragungsgruppe (I) Umfrage 2001	Befragungsgruppe (J) Umfrage 2001	Mittlere Differenz (I-J)	Signifikanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-6,38456*	,000
	E (Beginnende Nutzer)	-12,25510*	,000
	F (Nutzer)	-14,86837*	,000
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	6,38456*	,000
	E (Beginnende Nutzer)	-5,87054	,086
	F (Nutzer)	-8,48381*	,000
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	12,25510*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	5,87054	,086
	F (Nutzer)	-2,61327	,749
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	14,86837*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	8,48381*	,000
	E (Beginnende Nutzer)	2,61327	,749

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

Befragungsgruppen (I) Umfrage 2003	Befragungsgruppen (J) Umfrage 2003	Mittlere Differenz (I-J)	Signifikanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-9,76290	,213
	E (Beginnende Nutzer)	-6,34252	,702
	F (Nutzer)	-12,27358*	,038
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	9,76290	,213
	E (Beginnende Nutzer)	3,42038	,965
	F (Nutzer)	-2,51068	,978
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	6,34252	,702
	D (Potentielle Nutzer)	-3,42038	,965
	F (Nutzer)	-5,93106	,828
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	12,27358*	,038
	D (Potentielle Nutzer)	2,51068	,978
	E (Beginnende Nutzer)	5,93106	,828

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

Befragungsgruppen (I) Umfrage 2005	Befragungsgruppen (J) Umfrage 2005	Mittlere Differenz (I-J)	Signifikanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-7,74212*	,000
	E (Beginnende Nutzer)	-4,25202	,134
	F (Nutzer)	-15,10263*	,000
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	7,74212*	,000
	E (Beginnende Nutzer)	3,49011	,418
	F (Nutzer)	-7,36051*	,000
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	4,25202	,134
	D (Potentielle Nutzer)	-3,49011	,418
	F (Nutzer)	-10,85061*	,000
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	15,10263*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	7,36051*	,000
	E (Beginnende Nutzer)	10,85061*	,000

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

Befragungsgruppe (I) Umfrage 2006	Befragungsgruppe (J) Umfrage 2006	Mittlere Differenz (I-J)	Signifikanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-3,31887	,339
	E (Beginnende Nutzer)	-2,17129	,862
	F (Nutzer)	-15,60890*	,000
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	3,31887	,339
	E (Beginnende Nutzer)	1,14758	,984
	F (Nutzer)	-12,29003*	,000
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	2,17129	,862
	D (Potentielle Nutzer)	-1,14758	,984
	F (Nutzer)	-13,43761*	,000
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	15,60890*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	12,29003*	,000
	E (Beginnende Nutzer)	13,43761*	,000

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

Befragungsgruppe (I) Umfrage 2007	Befragungsgruppe (J) Umfrage 2007	Mittlere Differenz (I-J)	Signifikanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-3,66500*	,017
	E (Beginnende Nutzer)	-5,23716*	,000
	F (Nutzer)	-15,97985*	,000
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	3,66500*	,017
	E (Beginnende Nutzer)	-1,57217	,787
	F (Nutzer)	-12,31485*	,000
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	5,23716*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	1,57217	,787
	F (Nutzer)	-10,74269*	,000
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	15,97985*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	12,31485*	,000
	E (Beginnende Nutzer)	10,74269*	,000

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

Tabelle A.2 Ergebnisse Scheffé-Test: signifikante Unterschiede zwischen den Interviewgruppen in der Bodenheterogenität, aufgelistet nach Umfragejahren

(I) Befragungsgruppe Umfrage 2001	(J) Befragungsgruppe Umfrage 2001	Mittlere Differenz (I- J)	Signifi- kanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-2,97509	,271
	E (Beginnende Nutzer)	-,84253	,985
	F (Nutzer)	-7,75561*	,000
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	2,97509	,271
	E (Beginnende Nutzer)	2,13256	,862
	F (Nutzer)	-4,78052	,133
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	,84253	,985
	D (Potentielle Nutzer)	-2,13256	,862
	F (Nutzer)	-6,91308	,064
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	7,75561*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	4,78052	,133
	E (Beginnende Nutzer)	6,91308	,064

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

(I) Befragungsgruppen Umfrage 2003	(J) Befragungsgruppen Umfrage 2003	Mittlere Differenz (I- J)	Signifi- kanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-2,56562	,394
	E (Beginnende Nutzer)	-2,78838	,456
	F (Nutzer)	-6,60979*	,000
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	2,56562	,394
	E (Beginnende Nutzer)	-,22276	1,000
	F (Nutzer)	-4,04417	,178
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	2,78838	,456
	D (Potentielle Nutzer)	,22276	1,000
	F (Nutzer)	-3,82141	,312
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	6,60979*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	4,04417	,178
	E (Beginnende Nutzer)	3,82141	,312

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

(I) Befragungsgruppen Umfrage 2005	(J) Befragungsgruppen Umfrage 2005	Mittlere Differenz (I- J)	Signifi- kanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-3,80426	,061
	E (Beginnende Nutzer)	-3,62615	,283
	F (Nutzer)	-3,92001	,066
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	3,80426	,061
	E (Beginnende Nutzer)	,17811	1,000
	F (Nutzer)	-,11575	1,000
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	3,62615	,283
	D (Potentielle Nutzer)	-,17811	1,000
	F (Nutzer)	-,29386	,999
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	3,92001	,066
	D (Potentielle Nutzer)	,11575	1,000
	E (Beginnende Nutzer)	,29386	,999

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

(I) Befragungsgruppe Umfrage 2006	(J) Befragungsgruppe Umfrage 2006	Mittlere Differenz (I- J)	Signifi- kanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-1,081	,983
	E (Beginnende Nutzer)	-,885	,996
	F (Nutzer)	-2,983	,716
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	1,081	,983
	E (Beginnende Nutzer)	,196	1,000
	F (Nutzer)	-1,902	,955
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	,885	,996
	D (Potentielle Nutzer)	-,196	1,000
	F (Nutzer)	-2,098	,968
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	2,983	,716
	D (Potentielle Nutzer)	1,902	,955
	E (Beginnende Nutzer)	2,098	,968

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant

(I) Befragungsgruppe Umfrage 2007	(J) Befragungsgruppe Umfrage 2007	Mittlere Diffe- renz (I-J)	Signifikanz
C (Informierte Nichtnutzer)	D (Potentielle Nutzer)	-6,527*	,001
	E (Beginnende Nutzer)	,750	,975
	F (Nutzer)	-6,384*	,000
D (Potentielle Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	6,527*	,001
	E (Beginnende Nutzer)	7,276*	,007
	F (Nutzer)	,143	1,000
E (Beginnende Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	-,750	,975
	D (Potentielle Nutzer)	-7,276*	,007
	F (Nutzer)	-7,134*	,004
F (Nutzer)	C (Informierte Nichtnutzer)	6,384*	,000
	D (Potentielle Nutzer)	-,143	1,000
	E (Beginnende Nutzer)	7,134*	,004

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant

Tabelle A.3 Unterrichtsinhalte zu Precision Farming

	Prozentualer Anteil
Funktionsweise GPS/ DGPS	39,5
Geographische Informationssysteme	18
GPS Ertragskartierung	37,1
GPS Bodenbearbeitung	18
GPS Grunddüngung	32,6
Differenzierte N Düngung	43,8
Differenzierte Aussaat	7,9
Differenzierter Pflanzenschutz	16,9
Parallelfahrssysteme	24,7
Elektronische Dokumentation	28,1
Telemetrie	4,5
Sonstiges	5,6

Tabelle A.4 Vorhandene Unterrichtsmaterialien zu dem Thema Precision Farming

	Prozentualer Anteil
Anschauungsmaterial von der Industrie	32,4
Fachzeitschrift	40,5
Internet	24,3
DEULA/ DLG Bücher	10,8
Cd	5,4
Eigene Materialien	16,2
Exkursion	10,8
Farbfolien	10,8
Film/ Video	13,5
Projektarbeit	2,7
Informationsmaterial Bauernverband/ ZALF	5,4
Unterlagen Lehrerfortbildung	2,7
keins	2,7

Anhang B – Fragebögen

Übersicht

Agritechnica Fragebogen (exemplarisch der Fragebogen von 2007)

Gesprächsleitfaden für die Expertengespräche

Fragebogen für die Telefoninterviews mit der Industrie

Fragebogen für die Telefoninterviews mit den Lehrern

Fragebogen für die Telefoninterviews mit der Beratern

Fragebogen Agritechnica 2007

- [A00100] 1. Welche Postleitzahl hat der Ort in dem Ihr Betrieb liegt?
- [A00200] 2. Sind Sie Landwirt oder Lohnunternehmer?
- ☐₁ ja, selbstständiger Landwirt
 - ☐₂ ja, Betriebsleiter
 - ☐₃ ja, angestellter Landwirt
 - ☐₄ ja, Lohnunternehmer → Interview beendet
 - ☐₅ Nein → Interview beendet
- [A00300] 3. Welche Art der Landwirtschaft betreiben Sie überwiegend?
- ☐₁ Ackerbau
 - ☐₂ Tierproduktion
 - ☐₃ Forstwirtschaft → Interview beendet
- [A00400] 4. Betreiben Sie Landwirtschaft als:
- ☐₁ Vollerwerb
 - ☐₂ Zuerwerb
 - ☐₃ Nebenerwerb
- [A00500] 5. Wie groß ist die landwirtschaftliche Nutzfläche Ihres Betriebes in ha?
- Answer: _____
- [A00800] 6. Nutzen Sie Parallelfahrssysteme zur automatischen Spurhaltung?
- ☐₁ ja
 - ☐₂ nein
 - ☐₃ weiß nicht
- [A00700] 7. Seit wann nutzen Sie Parallelfahrssysteme?
- ☐₁ vor 2000
 - ☐₂ 2000
 - ☐₃ 2001
 - ☐₄ 2002
 - ☐₅ 2003
 - ☐₆ 2004
 - ☐₇ 2005
 - ☐₈ 2006
 - ☐₉ 2007
- [A00900] 8. Auf wie viel ha oder wie viel % der landwirtschaftlichen Nutzfläche setzen Sie das Parallelfahrssystem ein? (in ha oder % angeben, bei % ein -Symbol vorweg setzen)
- Answer: _____

Fragebogen Agritechnica 2007

[A00A00] 9. Wissen Sie was Precision Farming bzw. teilflächenspezifischer Landbau ist?

- ☐ ₁ ja
☐ ₂ Nein →weiter Frage 59

10. Wie viel von Ihrer landwirtschaftlichen Nutzfläche ist Ackerland und wieviel ist (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol vorweg setzen)

_____ Ackerland
_____ Grünland
_____ Sonstiges

[A00C00] 11. Welche Größe haben Ihre Schläge/Felder im Durchschnitt? (Schlaggröße in ha

Answer: _____

12. Welche Ackerzahl haben Ihre schlechtesten Böden und welche Ackerzahl haben Ihre Böden?

_____ schlechteste Ackerzahl
_____ beste Ackerzahl

[A00E00] 13. Welche durchschnittliche Ackerzahl hat Ihr Betrieb?

- ☐ ₁ <20
☐ ₂ >20-30
☐ ₃ >30-40
☐ ₄ >40-50
☐ ₅ >50-60
☐ ₆ >60-70
☐ ₇ >70-80
☐ ₈ >80

[A00F00] 14. Nutzen Sie die Dienste eines Lohnunternehmers und/oder Maschinenrings?

- ☐ ₁ ja, Lohnunternehmer
☐ ₂ ja, Maschinenring
☐ ₃ ja, beide
☐ ₄ Nein → weiter Frage 15

14a. Welche Dienstleistungen nehmen Sie in Anspruch?

- [A04I01] ☐ Bodenbearbeitung ohne GPS
[A04I02] ☐ Erntearbeiten
[A04I03] ☐ Aussaat
[A04I04] ☐ Düngung
[A04I05] ☐ Pflanzenschutz
[A04I06] ☐ teilflächenspezifische Bodenbearbeitung
[A04I07] ☐ Ertragskartierung
[A04I08] ☐ teilflächenspezifische Düngung
[A04I09] ☐ teilflächenspezifische Aussaat
[A04I0A] ☐ teilflächenspezifischer Pflanzenschutz
[A04I0B] ☐ GPS-Bodenbeprobung
[A04I0C] ☐ GPS-Flächenvermessung

Fragebogen Agritechnica 2007

15. AA Benennen Sie drei Schlagworte, die Sie mit Precision Farming bzw. teilflächenspezifischen Landbau verbinden:

- [A00G01] ☐ Anweisungskarte
- [A00G02] ☐ Berücksichtigung von Standortunterschieden
- [A00G03] ☐ GPS-Bodenbeprobung
- [A00G04] ☐ Bordcomputer
- [A00G05] ☐ GPS-Ertragskartierung
- [A00G06] ☐ automatische Dokumentation
- [A00G07] ☐ GPS-Flächenvermessung
- [A00G08] ☐ Flottenmanagement
- [A00G09] ☐ GIS/Geographische Informationssysteme
- [A00G0A] ☐ GPS/Satellitenavigation
- [A00G0B] ☐ LBS
- [A00G0C] ☐ Luftbilder
- [A00G0D] ☐ PCMCIA-Karte
- [A00G0E] ☐ selbstfahrende Maschinen
- [A00G0F] ☐ Parallelfahrssystem mit GPS
- [A00G0G] ☐ Sonstige

[A00H00] 16. Nutzen Sie Methoden zur standortspezifischen Landwirtschaft bzw. zum Precision

- ☐ ₁ ja
- ☐ ₂ Nein → weiter Frage 54

16a. BB Welche Methoden zur standortspezifischen Landwirtschaft nutzen Sie?

- [A00I01] ☐ GPS- Flächenvermessung → weiter Frage 16b
- [A00I02] ☐ GPS-gestützte Bodenbeprobung → weiter Frage 16b
- [A00I03] ☐ EM38 / Leitfähigkeitsmessungen → weiter Frage 16b
- [A00I04] ☐ GPS – Ertragskartierung → weiter Frage 16b
- [A00I05] ☐ Einsatz des N-Sensors → weiter Frage 16d
- [A00I06] ☐ differenzierte Aussaat → weiter Frage 16d
- [A00I07] ☐ differenzierte Grunddüngung → weiter Frage 16d
- [A00I08] ☐ differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor) → weiter Frage 16d
- [A00I09] ☐ differenzierter Pflanzenschutz → weiter Frage 16d
- [A00I0B] ☐ weiß nicht → weiter Frage 68

16b. CC Warum setzen Sie bisher ausschließlich erfassende Methoden ein?

- [A00J01] ☐ Ich nutze diese Technik nur zu Dokumentationszwecken
- [A00J02] ☐ Ich habe keine GIS Software um die Daten auszuwerten
- [A00J0A] ☐ Ich habe keine GIS Kenntnisse um die Daten auszuwerten
- [A00J03] ☐ Ich habe kein Personal für die Auswertung
- [A00J04] ☐ Die Datenauswertung durch einen Dienstleister ist mir zu teuer
- [A00J05] ☐ Die Interpretation der Daten bereitet mir noch einige Probleme
- [A00J06] ☐ Die entsprechende Landtechnik für eine Umsetzung der gewonnen Erkenntnisse fehlt mir
- [A00J07] ☐ Ich benötige noch mehr Vorlauf um die Daten richtig interpretieren zu können
- [A00J09] ☐ Sonstige Gründe
- [A00J08] ☐ weiß nicht

Fragebogen Agritechnica 2007

16c. Unter welchen Voraussetzungen würde sich der Einsatz von umsetzenden Methoden Sie lohnen?

- [A00N01] ☐ Senkung der Anschaffungskosten für die Technik
- [A00N02] ☐ Beratende Unterstützung im Hinblick auf die Auswertung und Umsetzung der Daten im GIS
- [A00N06] ☐ Weiterbildungsangebote zur Datenauswertung
- [A00N03] ☐ Funktionssicherheit der EDV
- [A00N04] ☐ Funktionssicherheit der Landtechnik
- [A00N05] ☐ Sonstiges

16d. Wer wertet Ihre gewonnenen Daten überwiegend im GIS aus?

- [A00K01] ☐ Selbst
- [A00K02] ☐ Dienstleister → weiter Frage 16h
- [A00K03] ☐ Angestellter → weiter Frage 16h
- [A00K04] ☐ Maschinenring → weiter Frage 16h
- [A00K05] ☐ Lohnunternehmer → weiter Frage 16h
- [A00K06] ☐ noch nicht ausgewertet → weiter Frage 16h

[A05000] 16e. Wie schwer ist die Auswertung Ihrer Daten mit GIS-Software für Sie?

- ☐₁ Einfach → weiter Frage 16h
- ☐₂ Mittel → weiter Frage 16h
- ☐₃ schwer
- ☐₄ eine GIS Weiterbildung wäre für mich hilfreich → weiter Frage 16g

[A05100] 16 f. Würden Sie die Daten auswerten, wenn Sie die Software bedienen könnten?

- ☐₁ ja → weiter Frage 16h
- ☐₂ nein → weiter Frage 16h
- ☐₃ weiß nicht → weiter Frage 16h

16. g Welches Weiterbildungsangebot wäre für Sie interessant?

- [A05801] ☐ Geodaten/ Geodatenquellen
- [A05802] ☐ Parallelfahrssystem
- [A05803] ☐ Datenauswertung im GIS

Fragebogen Agritechnica 2007

[A00L00] 16 h. Seit wann werden die gewonnenen Daten ausgewertet?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

→ Fragen 17 bis 37 werden nur gestellt, wenn die entsprechende Methode unter Frage 16a ausgewählt wurde

[A00P00] 17. Seit wann nutzen Sie GPS-Flächenvermessung?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

[A00Q00] 18. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche nutzen GPS-Flächenvermessung? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol vorweg setzen)

Answer: _____

Fragebogen Agritechnica 2007

[A00R00] 19. Seit wann nutzen Sie GPS-gestützte Bodenbeprobung?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

[A00S00] 20. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche nutzen GPS-gestützte Bodenbeprobung? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol vorweg

Answer: _____

[A00T00] 21. Seit wann führen Sie Leitfähigkeitsmessungen mit dem EM 38 durch?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

[A00U00] 22. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche führen Sie Leitfähigkeitsmessungen mit EM 38 durch? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol setzen)

Answer: _____

Fragebogen Agritechnica 2007

[A00V00] 23. Seit wann nutzen Sie GPS- Ertragskartierung?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

[A00W00] 24. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche nutzen -Ertragskartierung? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol vorweg setzen)

Answer: _____

[A00X00] 25. Nutzen Sie den N-Sensor mit oder ohne GPS?

- ☐₁ mit GPS
- ☐₂ ohne GPS

[A00Y00] 26. Seit wann nutzen Sie den N-Sensor?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

Fragebogen Agritechnica 2007

- [A00Z00] 27. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche nutzen N-Sensor? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol vorweg setzen)

Answer: _____

- [A01200] 28. Seit wann nutzen Sie Differenzierte Aussaat?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

- [A01300] 29. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche nutzen differenzierte Aussaat? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol vorweg setzen)

Answer: _____

- [A01400] 30. Seit wann nutzen Sie differenzierte Grunddüngung?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

- [A01500] 31. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche nutzen differenzierte Grunddüngung? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol vorweg setzen)

Answer: _____

Fragebogen Agritechnica 2007

[A01700] 32. Seit wann nutzen Sie differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor)?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

[A01800] 33. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche nutzen differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor)? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol setzen)

Answer: _____

[A01A00] 34. Seit wann nutzen Sie differenzierten Pflanzenschutz?

- ☐₁ vor 1994
- ☐₂ 1994
- ☐₃ 1995
- ☐₄ 1996
- ☐₅ 1997
- ☐₆ 1998
- ☐₇ 1999
- ☐₈ 2000
- ☐₉ 2001
- ☐₁₀ 2002
- ☐₁₁ 2003
- ☐₁₂ 2004
- ☐₁₃ 2005
- ☐₁₄ 2006
- ☐₁₅ 2007

[A01B00] 35. Auf wie viel Hektar oder wie viel Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche nutzen differenzierten Pflanzenschutz? (in ha oder % angeben, bei % ein - Symbol vorweg)

Answer: _____

[A01D00] 36. Nutzen Sie Fernerkundungsdaten/Luftbilder?

- ☐₁ ja
- ☐₂ nein

Fragebogen Agritechnica 2007

[A01E00] 37. Seit wann nutzen Sie Fernerkundungsdaten/Luftbilder?

- ☐ ₁ vor 1994
- ☐ ₂ 1994
- ☐ ₃ 1995
- ☐ ₄ 1996
- ☐ ₅ 1997
- ☐ ₆ 1998
- ☐ ₇ 1999
- ☐ ₈ 2000
- ☐ ₉ 2001
- ☐ ₁₀ 2002
- ☐ ₁₁ 2003
- ☐ ₁₂ 2004
- ☐ ₁₃ 2005
- ☐ ₁₄ 2006
- ☐ ₁₅ 2007

38. Woher haben Sie die Geräte für den teilflächenspezifischen Landbau bzw. Precision

- [A01F01] ☐ nur eigene Geräte
- [A01F02] ☐ überwiegend eigene Geräte
- [A01F03] ☐ teilweise eigene Geräte
- [A01F04] ☐ nur von Lohnunternehmern
- [A01F05] ☐ überwiegend von Lohnunternehmern
- [A01F06] ☐ teilweise von Lohnunternehmern
- [A01F07] ☐ nur vom Maschinenring
- [A01F08] ☐ überwiegend vom Maschinenring
- [A01F09] ☐ teilweise vom Maschinenring
- [A01F0A] ☐ nur vom Hersteller
- [A01F0B] ☐ teilweise vom Hersteller

39. DD Was waren Ihre Beweggründe, Precision Farming/ standortspezifische einzuführen?

- [A02R01] ☐ Medieninformation
- [A02R02] ☐ Anforderungen oder Empfehlungen des Verbrauchers
- [A02R03] ☐ höhere Ernteerträge
- [A02R04] ☐ Gewinnsteigerung
- [A02R05] ☐ Qualitätssicherung
- [A02R06] ☐ Qualitätssteigerung
- [A02R07] ☐ Kostensenkung
- [A02R08] ☐ Umweltschutz
- [A02R09] ☐ der Wunsch, modernere Technik einzusetzen
- [A02R0A] ☐ geringerer Arbeitsaufwand
- [A02R0B] ☐ vereinfachte Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen
- [A02R0C] ☐ bessere Vermarktungsfähigkeit der Produkte
- [A02R0D] ☐ genauere Kenntnis des Schlages
- [A02R0E] ☐ Sonstiges

Fragebogen Agritechnica 2007

[A02T00] 40. Wie zufrieden sind Sie mit den eigenen Erfahrungen zur standortspezifischen

- ☐₁ zufrieden
- ☐₂ mittel
- ☐₃ unzufrieden
- ☐₄ weiß nicht

[A02U00] 41. Wie beurteilen Sie die Handhabung der EDV?

- ☐₁ schwierig → weiter Frage 41b
- ☐₂ mittel
- ☐₃ einfach

41a. KK Durch welche Voraussetzungen könnte die Handhabung der EDV verbessert

- [A04U01] ☐ Bedienung der Software in logischer Arbeitsreihenfolge
- [A04U02] ☐ Leichte Zugänglichkeit von Routineoptionen
- [A04U03] ☐ Sichtbarkeit aller Optionen
- [A04U04] ☐ Erinnerungsfunktionen bei bestimmten Eingabefeldern, deren Inhalt später notwendig wird
- [A04U05] ☐ Bubble-help, kontextsensitive Hilfe

41 b. MM Wie sollte die grafische Oberfläche Ihrer Software aussehen?

- [A04V01] ☐ gleich einheitliche Menüleiste ohne Variation (alles auf einen Blick)
- [A04V02] ☐ gleichbleibende Menüleiste, ergänzt durch einzelne Tools
- [A04V03] ☐ gleichbleibende Menüleiste, ergänzt durch zusätzliche integrierte Fenster
- [A04V04] ☐ Grafische Oberfläche variiert stark in Abhängigkeit von der bearbeiteten Aufgabe

[A02V00] 42. Wie beurteilen Sie die Handhabung der Landtechnik?

- ☐₁ schwierig
- ☐₂ mittel
- ☐₃ einfach

[A02X00] 43. Sehen Sie insgesamt finanzielle Vorteile durch die standortspezifische Landwirtschaft?

- ☐₁ ja → weiter Frage 44
- ☐₂ nein → weiter Frage 46
- ☐₃ gleichbleibend → weiter Frage 49
- ☐₄ weiß nicht → weiter Frage 49

[A02Y00] 44. Wie groß könnte der finanzielle Vorteil in €/ha sein?

Answer: _____

Fragebogen Agritechnica 2007

45. GG Worauf führen Sie diese Vorteile ursächlich zurück?

- [A02Z01] ☐ bessere Standortkenntnisse
- [A02Z02] ☐ Qualitätsprüfung der Ernte
- [A02Z03] ☐ höhere Erträge
- [A02Z04] ☐ Einsparung an Düngemitteln
- [A02Z05] ☐ Einsparung an Saatgut
- [A02Z06] ☐ Einsparung an Pflanzenschutzmitteln
- [A02Z07] ☐ insgesamt bessere Bestandesführung
- [A02Z08] ☐ detailliertere Beschäftigung mit den Prinzipien des Pflanzenbaus
- [A02Z09] ☐ vereinfachte Betriebsführung
- [A02Z0A] ☐ Sonstiges

→ weiter Frage 49

[A03100] 46. Sehen Sie insgesamt finanzielle Verluste durch die standortspezifische

- ☐ ₁ ja
- ☐ ₂ nein → weiter Frage 49
- ☐ ₃ weiß nicht → weiter Frage 49

[A03200] 47. Wie groß ist der finanzielle Verlust ca. in €/ha?

Answer: _____

48. HH Worauf führen Sie diese Verluste ursächlich zurück?

- [A03301] ☐ hohe Kosten für die Datenerhebung
- [A03302] ☐ schlechte Beschreibung der Geräte
- [A03303] ☐ schlechte Beschreibung der EDV
- [A03304] ☐ falsche Entscheidungen
- [A03305] ☐ Reduzierte Qualität des Erntegutes
- [A03306] ☐ finanzieller Mehraufwand für Düngung
- [A03307] ☐ finanzieller Mehraufwand für Saatgut
- [A03308] ☐ finanzieller Mehraufwand für Pflanzenschutzmittel
- [A03309] ☐ höherer Arbeitsaufwand
- [A0330A] ☐ Sonstiges

49. EE Welche Probleme traten bei der Einführung von Precision Farming auf?

- [A03501] ☐ hoher Zeitaufwand, um mit der Methodik vertraut zu werden
- [A03502] ☐ schlechte Beschreibung der Geräte
- [A03503] ☐ schlechte Beschreibung der EDV
- [A03504] ☐ Unzuverlässigkeit der EDV-Ausrüstung
- [A03505] ☐ Unzuverlässigkeit der entsprechenden Landmaschinen
- [A03506] ☐ mangelnde Kompatibilität der Technik
- [A03507] ☐ schlechter Service des Anbieters
- [A03508] ☐ es fehlten EDV-Geräte
- [A03509] ☐ es fehlten Landmaschinen für spezielle Aufgaben
- [A0350A] ☐ Geräte ließen sich nicht umrüsten
- [A0350B] ☐ fehlende Beratung
- [A0350C] ☐ Sonstiges
- [A0350D] ☐ keine

Fragebogen Agritechnica 2007

50. FF Wie haben Sie sich über Precision Farming/ teilflächenspezifische Landwirtschaft informiert?

- [A03701] ☐ Landwirtschaftliche Fachzeitschriften
- [A03702] ☐ Seminare/Fortbildungen → wenn nein, dann weiter Frage 50b
- [A03704] ☐ im Rahmen der Ausbildung
- [A03705] ☐ Erfahrungsaustausch mit Kollegen
- [A03706] ☐ beim Kauf der neuen Technik
- [A03707] ☐ Berater
- [A03708] ☐ Messen
- [A03709] ☐ Landhändler
- [A0370A] ☐ Vorträge
- [A0370B] ☐ Prospektmaterial
- [A0370C] ☐ Internet
- [A0370D] ☐ Verwandte/Nachbarn
- [A0370E] ☐ weiß nicht
- [A0370F] ☐ Sonstiges
- [A0370G] ☐ Genossenschaften

50 a. Welcher Veranstalter bietet Seminare und Fortbildungsveranstaltungen an?

- [A03801] ☐ DEULA
- [A03802] ☐ Landwirtschaftsamt
- [A03803] ☐ Landwirtschaftskammer
- [A03804] ☐ Landtechnikfirmen
- [A03805] ☐ Landtechnikhandel
- [A03806] ☐ Universitäten
- [A03807] ☐ Fachhochschulen
- [A03808] ☐ Landwirtschaftsschulen
→ falls bei Frage 50 Landhändler angekreuzt wurde, weiter Frage 51

50 b Welche Informationen über PF wünschen Sie sich von ein Händlerberatung?

- [A05501] ☐ Funktionsweise GPS
- [A05502] ☐ Datenschnittstellen
- [A05503] ☐ Datenverarbeitung
- [A05504] ☐ Angaben zu Wirtschaftlichkeit
- [A05505] ☐ keine

[A03900] 51. Beabsichtigen Sie Precision Farming/ teilflächenspezifische Bewirtschaftung auf Flächen auszudehnen?

- ☐ ₁ ja
- ☐ ₂ nein → weiter Frage 53
- ☐ ₃ weiß nicht

[A03A00] 52. Beabsichtigen Sie in den kommenden drei Jahren weitere Techniken/Verfahren des Farming einzusetzen?

- ☐ ₁ ja
- ☐ ₂ nein → weiter Frage 53
- ☐ ₃ weiß nicht → weiter Frage 53

Fragebogen Agritechnica 2007

[A04C00] 52a. BB Welche Methode beabsichtigen Sie zuerst einzusetzen?

- ☐ ₁ GPS-Flächenvermessung
- ☐ ₂ GPS-gestützte Bodenbeprobung
- ☐ ₃ EM 38 / Leitfähigkeitsmessung
- ☐ ₄ GPS-Ertragskartierung
- ☐ ₅ Einsatz N-Sensor
- ☐ ₆ differenzierte Aussaat
- ☐ ₇ differenzierte Grunddüngung
- ☐ ₈ differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor)
- ☐ ₉ differenzierter Pflanzenschutz
- ☐ ₁₀ keine → weiter Frage 53

[A04J00] 52 b. Welche Methode beabsichtigen Sie danach als zweite Methode einzusetzen?

- ☐ ₁ GPS-Flächenvermessung
- ☐ ₂ GPS-gestützte Bodenbeprobung
- ☐ ₃ EM 38 / Leitfähigkeitsmessung
- ☐ ₄ GPS-Ertragskartierung
- ☐ ₅ Einsatz N-Sensor
- ☐ ₆ differenzierte Aussaat
- ☐ ₇ differenzierte Grunddüngung
- ☐ ₈ differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor)
- ☐ ₉ differenzierter Pflanzenschutz
- ☐ ₁₀ keine → weiter Frage 53

[A04K00] 52 c. Welche Methode beabsichtigen Sie danach als dritte Methode einzusetzen?

- ☐ ₁ GPS-Flächenvermessung
- ☐ ₂ GPS-gestützte Bodenbeprobung
- ☐ ₃ EM 38 / Leitfähigkeitsmessung
- ☐ ₄ GPS-Ertragskartierung
- ☐ ₅ Einsatz N-Sensor
- ☐ ₆ differenzierte Aussaat
- ☐ ₇ differenzierte Grunddüngung
- ☐ ₈ differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor)
- ☐ ₉ differenzierter Pflanzenschutz
- ☐ ₁₀ keine

[A03B00] 53. Werden Sie Precision Farming Ihren Berufskollegen weiter empfehlen?

- ☐ ₁ ja
- ☐ ₂ nein
- ☐ ₃ weiß nicht → weiter Frage 59

Fragebogen Agritechnica 2007

54. II Warum nutzen Sie keine Methode der standortspezifischen Landwirtschaft?

- [A03C01] ☐ Ich habe Precision Farming wieder abgeschafft → weiter Frage 55
- [A03C03] ☐ zur teure Investition der Geräte
- [A03C04] ☐ komplizierte Handhabung der Geräte
- [A03C05] ☐ zweifelhafter Nutzen des teilflächenspezifischen Landbaus/ Precision Farming
- [A03C06] ☐ Passt nicht zu meiner bisherigen Bewirtschaftungsform
- [A03C08] ☐ weil ich dann kontrollierbar bin
- [A03C09] ☐ ich möchte noch abwarten, bis sich die moderne Technik bewährt hat
- [A03C0A] ☐ ich habe vor Precision Farming/ teilflächenspezifische Landwirtschaft zu nutzen
- [A03C0B] ☐ die Umstellung lohnt sich für mich nicht, keine Hoferben
- [A03C0C] ☐ die Umstellung lohnt sich für mich nicht, zu kleine Flächen
- [A03C0D] ☐ die Umstellung lohnt sich für mich nicht, zu homogene Flächen
- [A03C0E] ☐ keine Qualitätsverbesserung der Erzeugnisse
- [A03C0F] ☐ keine Würdigung der Abnehmer durch höhere Preise
- [A03C0G] ☐ ich habe zu wenig Informationen über diese Technik
- [A03C0H] ☐ Sonstiges
- [A03C0I] ☐ Mein Betrieb ist zu klein
→ weiter Frage 56

55. Warum haben Sie Precision Farming wieder abgeschafft?

- [A03E01] ☐ hoher Zeitaufwand, um mit der Methodik vertraut zu werden
- [A03E02] ☐ mangelnde Kompatibilität zwischen den Geräten verschiedener Hersteller
- [A03E03] ☐ komplizierte Handhabung der Technik
- [A03E04] ☐ komplizierte Handhabung der Software
- [A03E05] ☐ schlechter Service des Anbieters
- [A03E06] ☐ fehlende Beratung
- [A03E07] ☐ nicht rentabel
- [A03E08] ☐ Sonstiges

[A03F00] 56. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass Sie in den nächsten 3 Jahren Methoden zu standortspezifischen Landwirtschaft/Precision Farming nutzen?

- ☐ ₁ wahrscheinlich
- ☐ ₂ unwahrscheinlich → weiter Frage 58
- ☐ ₃ weiß nicht → weiter Frage 58

Fragebogen Agritechnica 2007

57. JJ Was muss erfüllt sein, damit Sie Precision Farming einsetzen?

- [A03G01] ☐ beratende Unterstützung
- [A03G02] ☐ Nachfrage des Verbrauchers
- [A03G03] ☐ Information des Verbrauchers
- [A03G04] ☐ finanzielle Unterstützung
- [A03G05] ☐ Senkung der Anschaffungskosten (Technik)
- [A03G06] ☐ genauere Aussagen zu Rentabilität von Precision Farming
- [A03G07] ☐ detailliertere Aussagen zur zusätzlichen Arbeitsbelastung
- [A03G08] ☐ Planungssicherheit bezüglich der Funktionalität/Kompatibilität der Geräte
- [A03G09] ☐ Gewährleistung des Datenschutzes
- [A03G0A] ☐ Verbesserung des Dienstleistungssektors im Bereich Precision Farming
- [A03G0B] ☐ Senkung der Datenkosten
- [A03G0C] ☐ Erleichterung der Datenbereitstellung
- [A03G0D] ☐ Funktionssicherheit der EDV
- [A03G0E] ☐ Funktionssicherheit der Landtechnik
- [A03G0F] ☐ ich lehne es ab
- [A03G0G] ☐ Sonstiges
- [A03G0H] ☐ Kooperation mit anderen Betrieben

[A04M00] 57 a. BB Mit welcher Technik wollen Sie in PF beginnen?

- ☐₁ GPS-Flächenvermessung
- ☐₂ GPS-gestützte Bodenbeprobung
- ☐₃ EM 38/ Leitfähigkeitsmessungen
- ☐₄ GPS-Ertragskartierung
- ☐₅ Einsatz des N-Sensors
- ☐₆ differenzierte Aussaat
- ☐₇ differenzierte Grunddüngung
- ☐₈ differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor)
- ☐₉ differenzierter Pflanzenschutz
- ☐₁₀ weiß nicht → weiter Frage 58

[A04N00] 57 b. BB Welche Methode beabsichtigen Sie danach als zweite Methode einzusetzen?

- ☐₁ GPS-Flächenvermessung
- ☐₂ GPS-gestützte Bodenbeprobung
- ☐₃ EM 38/ Leitfähigkeitsmessungen
- ☐₄ GPS-Ertragskartierung
- ☐₅ Einsatz des N-Sensors
- ☐₆ differenzierte Aussaat
- ☐₇ differenzierte Grunddüngung
- ☐₈ differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor)
- ☐₉ differenzierter Pflanzenschutz
- ☐₁₀ weiß nicht → weiter Frage 58

Fragebogen Agritechnica 2007

[A04O00] 57 c. BB Welche Methode beabsichtigen Sie danach als dritte Methode einzusetzen?

- ☐₁ GPS-Flächenvermessung
- ☐₂ GPS-gestützte Bodenbeprobung
- ☐₃ EM 38/ Leitfähigkeitsmessungen
- ☐₄ GPS-Ertragskartierung
- ☐₅ Einsatz des N-Sensors
- ☐₆ differenzierte Aussaat
- ☐₇ differenzierte Grunddüngung
- ☐₈ differenzierte N-Düngung (ohne N-Sensor)
- ☐₉ differenzierter Pflanzenschutz
- ☐₁₀ weiß nicht

58. FF Wie haben Sie sich über Precision Farming informiert?

- [A03I01] ☐ Landwirtschaftliche Fachzeitschriften
- [A03I02] ☐ Seminare/Fortbildungen → weiter Frage 58a
- [A03I04] ☐ im Rahmen der Ausbildung
- [A03I05] ☐ Erfahrungsaustausch mit Kollegen
- [A03I06] ☐ beim Kauf der neuen Technik
- [A03I07] ☐ Berater
- [A03I08] ☐ Messen
- [A03I09] ☐ Landhändler → weiter Frage 59
- [A03I0A] ☐ Vorträge
- [A03I0B] ☐ Prospektmaterial
- [A03I0C] ☐ Internet
- [A03I0D] ☐ Verwandte/Nachbarn
- [A03I0E] ☐ weiß nicht
- [A03I0F] ☐ Sonstiges
- [A03I0G] ☐ Genossenschaften
→ weiter Frage 58b

58a. Welcher Veranstalter bietet die Seminare/Fortbildungsveranstaltungen an?

- [A03J01] ☐ DEULA
- [A03J02] ☐ Landwirtschaftsamt
- [A03J03] ☐ Landwirtschaftskammer
- [A03J04] ☐ Landtechnikfirmen
- [A03J05] ☐ Landtechnikhandel
- [A03J06] ☐ Universitäten
- [A03J07] ☐ Fachhochschulen
- [A03J08] ☐ Landwirtschaftsschulen

58 b. Welche Informationen über PF wünschen sie sich von einer Händlerberatung?

- [A05601] ☐ Funktionsweise GPS
- [A05602] ☐ Datenschnittstellen
- [A05603] ☐ Datenverarbeitung
- [A05604] ☐ Angaben zu Wirtschaftlichkeit
- [A05605] ☐ keine

Fragebogen Agritechnica 2007

[A03U00] 59. Wie schätzen Sie Ihre betriebliche Zukunft vor dem derzeitigen agrarpolitischen ein?

- ☐₁ gut
- ☐₂ mittel
- ☐₃ schlecht
- ☐₄ weiß nicht

[A03V00] 81 60. Haben Sie den Betrieb in den letzten drei Jahren übernommen?

- ☐₁ ja → weiter Frage 62
- ☐₂ nein

[A03W00] 61. Wird Ihr Betrieb in den kommenden drei Jahren an die nächste Generation übergeben

- ☐₁ ja
- ☐₂ nein
- ☐₃ weiß nicht

[A03Y00] 62. Soll der Betrieb in den kommenden drei Jahren noch vergrößert werden?

- ☐₁ ja
- ☐₂ nein
- ☐₃ weiß nicht
- ☐₄ ich würde gerne, aber es stehen keine Flächen zur Verfügung

63. Welche dieser Geräte besitzen Sie?

- [A03Z01] ☐ Computer → weiter Frage 63a
- [A03Z02] ☐ Internetzugang
- [A03Z03] ☐ Mobiltelefon
- [A03Z04] ☐ Digitalkamera
- [A03Z05] ☐ Palm/PDA/Handheld PC → weiter Frage 63b
- [A03Z06] ☐ USB-Stick/ Memory Card
→ weiter Frage 64

63a. Zu welchen Zwecken nutzen Sie den Computer?

- [A04P01] ☐ überwiegend private Nutzung
- [A04P02] ☐ Mailkontakt mit Geschäftspartnern
- [A04P03] ☐ Verkauf/ Versteigerung eigener Produkte
- [A04P04] ☐ Buchführung für den eigenen Betrieb
- [A04P05] ☐ Verwaltung/ Dokumentation von Betriebsdaten
- [A04P06] ☐ Dokumentation von Betriebsabläufen
- [A04P07] ☐ Sonstiges

63 b. Zu welchen Zwecken nutzen Sie den Palm?

- [A04Q04] ☐ überwiegend private Nutzung
- [A04Q01] ☐ Terminplanung
- [A04Q02] ☐ Dokumentationszwecke im Pflanzenbau
- [A04Q03] ☐ Dokumentationszwecke in der Tierproduktion

Fragebogen Agritechnica 2007

[A04000] 64. Welche landwirtschaftliche Ausbildung haben Sie?

- ☐₁ LW Geselle
- ☐₂ LW Meister
- ☐₃ Diplom-Landwirt Uni/FH
- ☐₄ sonstige Lehre
- ☐₅ sonstiger Hochschulabschluss
- ☐₆ keine Angabe/ keine Ausbildung
- ☐₇ landwirtschaftlicher Lehrling
- ☐₈ sonstiger Lehrling
- ☐₉ staatl. geprüfter Landwirt
- ☐₁₀ Landwirtschaftlich Technischer Assistent
- ☐₁₁ Landmaschinen Mechaniker

[A04100] 65. Wie alt sind Sie?

- ☐₁ <20
- ☐₂ 21-35
- ☐₃ 36-50
- ☐₄ >50

66. Welche LW Zeitschrift nutzen Sie?

- [A04201] ☐ Reg. LW Wochenblatt (Bauernblatt)
- [A04202] ☐ überreg LW Wochenblatt
- [A04203] ☐ Neue LW
- [A04204] ☐ Top Agrar
- [A04205] ☐ DLZ-Magazin
- [A04206] ☐ DLG Mitteilungen
- [A04207] ☐ Profi
- [A04208] ☐ Landtechnik
- [A04209] ☐ Zeitschrift für Agrarinformatik
- [A0420A] ☐ Sonstige

[A04R00] 67. In welchem Bundesland befindet sich Ihr Betrieb?

- ☐₁ Baden-Württemberg
- ☐₂ Bayern
- ☐₃ Berlin
- ☐₄ Brandenburg
- ☐₅ Bremen
- ☐₆ Hamburg
- ☐₇ Hessen
- ☐₈ Mecklenburg-Vorpommern
- ☐₉ Niedersachsen
- ☐₁₀ Nordrhein-Westfalen
- ☐₁₁ Rheinland-Pfalz
- ☐₁₂ Saarland
- ☐₁₃ Sachsen
- ☐₁₄ Sachsen-Anhalt
- ☐₁₅ Schleswig-Holstein
- ☐₁₆ Thüringen

Fragebogen Agritechnica 2007

[A04300] 68. Befragter ist:

☐₁ männlich

☐₂ weiblich

Gesprächsleitfaden für die Expertengespräche

Gesprächsvorbereitung:

- Kurzvorstellung der eigenen Person (Name, wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Ruhr Universität Bochum)
- Kernziel von preagro: die Komplexität von Precision Farming auf eine für betriebliche Zwecke hohe Wirksamkeit und leichte Handhabbarkeit zu reduzieren
- Ziel unserer Arbeit ist es einen Überblick zu bekommen inwieweit die Methoden des präzisen Landbaus bzw. Precision Farming in Deutschland verbreitet sind. Hierbei ist von besonderem Interesse, welche Erfahrungen, positive wie negative, Sie als Landwirt bei der Einführung und Anwendung dieser Technologien in Ihrem Betrieb gemacht haben? Mit welchen Schwierigkeiten und Problemen Sie beim Umgang mit der Technik zu kämpfen hatten? Welche Unterstützung Sie sich speziell in der Einstiegsphase gewünscht hätten? Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen konkrete Verbesserungshinweise für die Technik- und Softwareentwicklung liefern und aufbauend auf den Ergebnissen dieser Untersuchung, sollen im Rahmen von preagro II geeignete Transferkonzepte für Ausbildung und Beratung erarbeitet werden.
- Das Interview wird ungefähr eine Stunde in Anspruch nehmen. Für die spätere Auswertung werde ich das Gespräch mit einem Diktiergerät aufzeichnen, wenn Sie damit einverstanden sind. Das Material wird selbstverständlich streng vertraulich und anonym behandelt. Bei Interesse an dieser Arbeit, schicke ich Ihnen nach Vollendung der Projektarbeit selbstverständlich die Ergebnisse zu. Ich freue mich, dass Sie sich freiwillig zu diesem Interview bereit erklärt haben

1. Zunächst möchte ich Sie zu den allgemeinen Parametern Ihres Betriebes befragen:

- Welche Größe hat Ihr Betrieb?
- Welche Fruchtarten bauen Sie auf Ihren Flächen an?
- Welchen Flächenanteil in Prozent haben die einzelnen Fruchtarten ?
- Wie groß sind Ihre Schläge im Durchschnitt ?
- Welche Ackerzahlen haben Ihre Flächen ?

- Welche Precision Farming Methoden nutzen Sie? Falls nur erfassende Methoden: Warum nutzen Sie nur erfassende Methoden?
- Seit wann nutzen Sie diese?
- Auf wie viel Prozent Ihrer Flächen wenden Sie diese an?
- Sind seit der ersten Einführung von Precision Farming noch weitere Precision Farming Methoden hinzugekommen? Wenn ja, welche?
- Wenden Sie diese Methoden auf der kompletten Fläche an?

2. Wie kam es zu der Einführung von Precision Farming auf Ihrem Betrieb?

- Wie haben Sie sich über Precision Farming informiert?
- Haben Sie eine Schulung besucht bzw. haben Ihre Mitarbeiter eine Schulung besucht? Wie lange dauert die Schulung? Ist die Schulung im Kaufpreis mit inbegriffen?
- Welche Ziele haben Sie mit der Einführung von Precision Farming verfolgt? Einsparung von Betriebsmitteln, Zeiteinsparung, genauere Kenntnis des Schlages? In welchen Bereichen lagen die Prioritäten?

3. Nach welchen Kriterien haben Sie die Methoden, die Sie in Ihrem Betrieb einsetzen, ausgesucht?

- Ist die Reihenfolge, in der Sie die Methoden in Ihrem Betrieb eingeführt haben, bewusst von Ihnen gewählt worden? Nach welchen Kriterien haben Sie die Methoden ausgewählt?
- Wurden Sie bezüglich der Einstiegsreihenfolge in Precision Farming durch Freunde, Kollegen, Berater, Firmen etc. beraten?

4. Wenn Sie eine neue Precision Farming Methode auf Ihrem Betrieb einführen, auf wie viel Prozent Ihrer Fläche testen Sie diese neuen Methoden?

- Wenn sich die Einführung einer neuen Methode im ersten Jahr bewährt hat, übernehmen Sie diese dann im darauffolgenden Jahr für den gesamten Betrieb?

5. Gab es Probleme bei der Einführung von PF?

- Welche Probleme gibt es?
- Wo haben Sie sich Hilfe geholt?

- Gibt es eine Hotline von der Herstellerfirma? Nutzen Sie diese und wie häufig?
- Welche Unterstützung hätten Sie sich rückblicken speziell für die Einstiegsphase gewünscht (Unterstützung von Officialberatung, Landmaschinenhändler, Staat?)
- Wie viele Stunden Ihrer Arbeitszeit investieren Sie durchschnittlich pro Woche in Precision Farming zur Zeit? Wie hoch war die zeitliche Arbeitsbelastung während der Anfangsphase?
- Werten Sie die erhobenen Daten selbst aus oder lassen Sie die Auswertung von einem Dienstleister erledigen? Hatten Sie Probleme mit der Datenauswertung?

6. Konnten Sie diese Ziele erreichen?

- Wie viel €/ ha konnten Sie durch die Einführung von Precision Farming einsparen?
- Wie lange hat es gedauert bis sich die ersten Erfolge gezeigt haben?
- Wie zufrieden sind Sie mit Precision Farming ?
- Auf welche Faktoren führen Sie die Zufriedenheit bzw. Unzufriedenheit zurück?
- Erleichtert Ihnen Precision Farming die Betriebsdokumentation?

7. Wollen Sie zukünftig noch weitere Methoden auf Ihrem Betrieb einführen?

- Welche Methoden wollen Sie zukünftig einführen und in welcher Reihenfolge?
- Nach welchen Kriterien wählen Sie die zukünftigen Methoden aus
- Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit Sie zukünftig weitere Methoden einsetzen?
- Welchen finanziellen Einsatz in €/ha wären Sie bereit, für weitere Methoden zu investieren (Basisausstattung, klassische Ausstattung, Premiumausstattung)?
- Wenn nein: Warum wollen Sie keine weiteren Methoden einführen?
- In welchen Bereichen besteht Ihrer Meinung nach noch Entwicklungsbedarf bei der Precision Farming Landtechnik? Welche Verbesserungen wünschen Sie sich für die Zukunft?
- In welchen Bereichen sollten die bestehende Softwareprodukte zukünftig weiter verbessert werden?

8. Wie schätzen Sie die Zukunftsfähigkeit der PF Technologie in der deutschen Landwirtschaft ein?

- Welche Voraussetzung müssen Ihrer Meinung nach geschaffen werden, um die Verbreitung dieser Technologie in Deutschland zu fördern?

9. Welche direkt monetär bewertbaren Leistungen (z.B. Einsparung an Saatgut, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Mehrertrag pro ha) bringt die Nutzung von Precision Farming auf Ihrem Betrieb?

10. Welche indirekt bewertbaren Leistungen (z.B. Arbeitszeiterparnis, Arbeitserleichterung) konnten Sie durch den Einsatz von Precision Farming erzielen?

11. Wie schätzen Sie das Verhältnis zwischen direkt monetär bewertbaren Leistungen und nicht bewertbaren Leistungen ein?

Damit wären wir am Ende des Interviews. Vielen Dank für die Teilnahme an diesem Interview.

Fragebogen für die Telefoninterviews mit der Industrie

Akzeptanz des Precision Farming (PF) bei der landtechnischen Industrie
Firma:
Interviewpartner:
Telefonnummer:

1. Welche Produkte bietet Ihre Firma im Bereich PF an?

Falls Sie keine Produkte im Bereich PF anbieten weiter bei Frage 17

2. Seit wann ist Ihre Firma im Bereich PF aktiv?

3. Wie orientieren Sie sich bezüglich des Produktangebotes am Bedarf Ihrer Kunden?

- ☐ eigene Befragung
- ☐ Bedarfsanalyse
- ☐ Feedback aus firmeneigenen Seminaren
- ☐ Feedback von bisherigen Käufern
- ☐ Verkaufszahlen
- ☐ Sonstige:

4. Die Landwirte beklagen sich mitunter über mangelnde Kompatibilität zwischen den Geräten verschiedener Hersteller. Wo liegen Ihrer Meinung nach die Ursachen dafür?

- ☐ mangelnde Absprache zwischen den Firmen
- ☐ fehlende einheitliche Standards
- ☐ anderer Ursachen :

5. Wie begegnen Sie diesem Problem?

- ☐ Entwicklung von einheitlichen verbindlichen Standards
- ☐ Verbesserung der Absprache mit anderen Firmen
- ☐ Verbesserung der Kompatibilität
- ☐ anderen Lösungsvorschläge:

6. Mitunter beklagen die Landwirte das Auftreten von Softwareproblemen. Wie begegnen Sie diesen Problemen?

- ☐ persönliches Beratungsgespräch durch firmeneigene Berater
- ☐ Fortbildungsseminare
- ☐ Handbücher
- ☐ Hotline

7. Darüber hinaus wird teilweise bemängelt, dass die Handhabung der Technik schwierig sei. Wie begegnen Sie diesem Problem?

- ☐ Umstellung auf eine benutzerfreundliche Bedienung
- ☐ persönliches Beratungsgespräch durch firmeneigene Berater
- ☐ Fortbildungsseminare

8. Wie schätzen Sie die Entwicklung in diesem Bereich für Deutschland ein? Ist diese Technologie auf lange Sicht zukunftsfähig?

9. Wie werden die neuen Technologien vom Landwirt angenommen?

- ☐ gut
- ☐ mittel
- ☐ schlecht

10. Wie beurteilen Sie die Verbreitung von PF in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland?

- ☐ gut
- ☐ mittel
- ☐ schlecht

11. Hat sich die Akzeptanz Ihrer Kunden gegenüber PF seit der ersten Einführung verändert?

12. Wie empfinden Sie die Entwicklung rückblickend?

- ☐ gut
- ☐ mittel
- ☐ schlecht

13. Wie beurteilen sie den zeitlichen Transfer von PF in die Praxis ?

- ☐ schnell
- ☐ mittel
- ☐ langsam

14. Wo liegen nach Ihrer Meinung die Ursachen für die Akzeptanzhemmnisse bei Landwirten hinsichtlich der Einführung von PF?

- ☐ mangelnde Information
- ☐ hohe Investitionskosten
- ☐ unklare Rentabilitätsaussagen
- ☐ hoher Einarbeitungsaufwand
- ☐ zweifelhafter Nutzen
- ☐ komplizierte Handhabung
- ☐ wirtschaftliche Unsicherheit (keinen Hoferben, Flächen zu homogen, Betriebsgröße)
- ☐ andere Ursachen:

15. In welchem Bereich besteht Ihrer Meinung nach noch besonderer Entwicklungsbedarf?

- ☐ Düngung
- ☐ Pflanzenschutz
- ☐ Bodenbearbeitung
- ☐ Pflanzenbearbeitung
- ☐ andere Bereiche:

16. Wie informieren Sie die Landwirte über Ihre Produkte?

- ☐ Messen
- ☐ Seminare
- ☐ Tagungen
- ☐ Ausstellungen
- ☐ persönliches Beratungsgespräch

Fragen für Landtechnikfirmen, die im Bereich PF noch nicht tätig sind:

17. Warum bieten Sie bisher noch keine Dienstleistungen bzw. Landtechnik im Bereich PF an?

- ☐ zu kleiner Markt in Deutschland
- ☐ Markt bereits durch andere Firmen gesättigt
- ☐ zu kleine Gewinnspanne (hohe Entwicklungskosten – geringes Käuferpotential)
- ☐ andere Ursachen:

18. Unter welchen Voraussetzungen würden Entwicklungen im Bereich PF für Ihre Firma lohnen?

- ☐ Änderung der Agrarrichtlinien (erhöhte Nachweispflicht gegenüber dem Staat)
- ☐ Flurbereinigung, Flächenzusammenlegung
- ☐ Änderung der Betriebsgrößen
- ☐ andere Voraussetzungen

Fragebogen für die Telefoninterviews mit den Lehrern

Akzeptanz des Precision Farming (PF) in der landwirtschaftlichen Ausbildung
Schule:
Interviewpartner:
Telefon:

1. Welche Fächer unterrichten Sie?

2. Wissen Sie was PF, teilflächenspezifische Landwirtschaft bzw. teilflächenspezifischer Landbau ist? Sind Sie über Techniken und Anwendungsmöglichkeiten des PF informiert

- ☐ ja
☐ nein

3. Benennen Sie drei Schlagworte, die Sie mit PF/ teilschlagspezifischer Landwirtschaft verbinden:

- ☐ Anweisungskarte
- ☐ Berücksichtigung von Standortunterschieden
- ☐ Bodenbeprobung
- ☐ Bordcomputer
- ☐ Ertragskartierung
- ☐ Flächenvermessung
- ☐ Flottenmanagement
- ☐ Geographisches Informationssystem (GIS)
- ☐ GPS
- ☐ LBS
- ☐ Luftbilder
- ☐ PCMCIA-Karte
- ☐ Satellitennavigation
- ☐ selbstfahrende Maschinen
- ☐ Standortunterschiede
- ☐ Sonstiges: _____

4. Wie beurteilen Sie diese Technologie im Hinblick auf die Ausbildung?

- ☐ notwendig
☐ hilfreich
☐ überflüssig
☐ weiß nicht

5. Ist das Thema PF Bestandteil der Ausbildung?

- ☐ ja
☐ nein

Wenn ja: seit wann?

6. Gibt es bereits Lehrmaterial aus Ihrer Einrichtung zum Thema PF?

- ☐ ja
☐ nein

7. Welche Lehrmaterialien verwenden Sie in Ihrer Einrichtung zum Thema PF?

8. Würden Sie Materialien für den Unterricht benötigen?

- ☐ ja
☐ nein

9. In welcher Form ist das Thema PF in der Lehre/Ausbildung vertreten?

- ☐ als Pflichtfach bzw. Pflichtmodul
☐ Wahlpflichtfach bzw. Wahlpflichtmodul
☐ wahlfreies Fach bzw. Modul
☐ als Referat in einem Fach bzw. Seminar
☐ Vorlesungen
☐ Kolloquien Einzelvorträge
☐ gar nicht

10. Wer vermittelt Inhalte zum Thema PF?

- ☐ externe Dozenten aus der landtechnischen Industrie
☐ Vertreter der Landwirtschaftskammern, -verbände
☐ Lehrpersonal der eigenen Ausbildungsstätte
☐ sonstige: _____

11. Haben Sie sich schon im Rahmen Ihrer eigenen Ausbildung mit PF beschäftigt?

- ☐ ja
☐ nein

a. Wenn Nein: Wie haben Sie sich über PF informiert?

- ☐ Landwirtschaftliche Fachzeitschriften
☐ Seminare
☐ Fachbücher
☐ Messen
☐ Ausbildung
☐ Vorträge
☐ Internet
☐ weiß nicht
☐ sonstige: _____

12. Ist das Thema PF prüfungsrelevant?

- ☐ ja
☐ nein

Wenn ja: In welcher Form?

- ☐ Klausur
☐ Zwischenprüfung
☐ Abschlussprüfung
☐ sonstige Prüfungsform

13. Haben die Inhalte zu PF in den letzten 5 Jahren im Unterricht zugenommen?

- ☐ ja
☐ nein

Wenn ja: In welchem Bereich?

14. Haben sich die Lehrmethoden seit Einführung von PF im Unterricht verändert?

- ☐ ja
☐ nein

Wenn ja: Inwiefern ?

15. Welche Inhalte zur teilflächenspezifischen Landwirtschaft werden in den von Ihnen unterrichteten Fächern vermittelt?

- ☐ Satellitengestützte Ortsbestimmung (GPS, DGPS)
☐ Geographische Informationssysteme (GIS)
☐ Ertragskartierung
☐ teilflächenspezifische Bodenbearbeitung
☐ teilflächenspezifische Grunddüngung
☐ teilflächenspezifische N-Düngung mit Sensoren
☐ teilflächenspezifische Einsaat
☐ sensorische Unkrauterkenkung und spezifischer Pflanzenschutz
☐ Parallelfahrssysteme und automatische Lenkhilfen
☐ elektronische Dokumentation von Pflanzenbaumaßnahmen
☐ Telemetrie für den Informationsaustausch zwischen Feld und Werkstatt
☐ sonstige

16. Halten Sie eine Ausdehnung der Lehre/Ausbildung zu PF für notwendig?

- ☐ ja
☐ nein

17. Wie könnte man die Ausbildung zum Thema PF verbessern?

18. Haben Sie Schüler, die ihre praktische Ausbildung in einem Betrieb absolvieren, in dem bereits PF angewendet wird?

- ☐ ja
☐ nein

Wenn ja, wie hoch liegt der prozentuale Anteil?

19. Welche Ausbildung/ Abschlüsse haben Sie?

- ☐ Landwirt
☐ staatl. gepr. Wirtschaftler des Landbaus
☐ staatl. gepr. Agrarbetriebswirt
☐ Landwirtschaftsmeister
☐ Hochschulabschluss

20. An welcher Hochschule habe Sie studiert?

21. Wurde das Thema PF bereits in ihrer Ausbildung bzw. in ihrem Studium behandelt?

- ☐ ja
☐ nein

22. Wie alt sind Sie?

Fragebogen für die Telefoninterviews mit den Beratern

Akzeptanz des Precision Farming (PF) bei den landwirtschaftlichen Beratern
Verband:
Interviewpartner:
Telefonnummer:

1. Welchem Bereich der landwirtschaftlichen Beratung gehören Sie an?

- ☐ Landtechnik /-handel
- ☐ Pflanzenbau
- ☐ Pflanzenschutz
- ☐ Bodenbearbeitung
- ☐ Landwirtschaftsamt /-kammer Organisation

2. Welchen beruflichen Abschluss bzw. welche berufliche Ausbildung haben sie?

- ☐ Dipl. Agraringenieur (FH)
- ☐ Dipl. Agraringenieur (UNI)
- ☐ Landwirt
- ☐ Landwirtschaftsmeister
- ☐ staatl. gepr. Agrarbetriebswirt
- ☐ staatl. gepr. Wirtschaftler des Landbaus

3. Nennen Sie 3 Schlagworte zum Thema PF:

- ☐ Anweisungskarte
- ☐ Berücksichtigung von Standortunterschieden
- ☐ Bodenbeprobung
- ☐ Bordcomputer
- ☐ Ertragskartierung
- ☐ Flächenvermessung
- ☐ Flottenmanagement
- ☐ Geographisches Informationssystem (GIS)
- ☐ GPS
- ☐ LBS
- ☐ Luftbilder
- ☐ PCMCIA-Karte
- ☐ Satellitennavigation
- ☐ selbstfahrende Maschinen
- ☐ Standortunterschiede
- ☐ Sonstige

4. Beraten Sie Landwirte im Bereich PF?

- ☐ ja
- ☐ nein

5. Wie beraten Sie Landwirte?

- ☐ persönliches Gespräch
- ☐ Seminar
- ☐ Vorträge
- ☐ Prospekte
- ☐ Sonstiges

6. Wie gehen Sie in Ihrer Beratung vor?

- ☐ wir treten an die Landwirte heran
- ☐ die Landwirte treten an uns heran
- ☐ Sonstiges

7. Wie haben Sie sich über PF informiert?

- ☐ Landwirtschaftliche Fachzeitschriften
- ☐ Seminar
- ☐ Fachbücher
- ☐ Messen
- ☐ Ausbildung
- ☐ Vorträge
- ☐ Internet
- ☐ weiß nicht
- ☐ Sonstiges

8. Wie groß ist der Beratungsbedarf bezüglich PF bei den Landwirten?

- ☐ hoch
- ☐ mittel
- ☐ gering

9. Wie wird die neue Technologie von den Landwirten aufgenommen?

- ☐ großes Interesse
- ☐ geringes Interesse
- ☐ kein Interesse

10. Wo liegen aus Ihrer Sicht die Gründe für Akzeptanzhemmnisse?

- ☐ mangelnde Information
- ☐ hohe Investitionskosten
- ☐ unklare Rentabilitätsaussagen
- ☐ hoher Einarbeitungsaufwand
- ☐ zweifelhafter Nutzen
- ☐ zu kleine Betriebsgröße
- ☐ komplizierte Handhabung
- ☐ wirtschaftliche Unsicherheit (keinen Hoferben, Fläche zu homogen, Betriebsgröße)
- ☐ Sonstiges

11. Wie beurteilen Sie die Zukunftsfähigkeit des PF in Deutschland bzw. die Chancen weitere Nutzer an PF heranzuführen?

- ☐ hoch
- ☐ mittel
- ☐ gering

12. Wo liegen aus Ihrer Sicht noch Schwachstellen bzw. was könnte noch besser gemacht werden?

- ☐ hoher Zeitaufwand, um sich mit der Methodik vertraut zu machen
- ☐ schlechte Anweisungen/ Beschreibung der Geräte
- ☐ schlechte Anweisungen/ Beschreibung der Software
- ☐ Unzuverlässigkeit der EDV-Ausrüstung
- ☐ Unzuverlässigkeit der entsprechenden Landmaschinen
- ☐ mangelnde Kompatibilität der Technik
- ☐ schlechter Service des Anbieters
- ☐ Fehlen von EDV-Geräten
- ☐ Fehlen von Landmaschinen für spezielle Aufgaben
- ☐ nicht ausreichende Beratung
- ☐ Sonstiges

13. Wie hat sich seit der Einführung des PF in Deutschland die Technologie in Bezug auf die Schwachstellen weiterentwickelt?

- ☐ stark
- ☐ mittel
- ☐ gar nicht

14. Viele Landwirte klagen über Schwierigkeiten mit der Software. Können Sie diesen Eindruck von Ihrer Beratungstätigkeit her bestätigen?

- ☐ ja
- ☐ nein

15. Viele Landwirte klagen über eine mangelnde Kompatibilität zwischen Produkten verschiedener Hersteller, können Sie diesen Eindruck von Ihrer Beratungstätigkeit her bestätigen?

- ☐ ja
- ☐ nein

16. Wer bietet Weiterbildungsseminare zu PF an?

- ☐ Landtechnikfirmen
- ☐ Landwirtschaftskammern/Landwirtschaftsverbände
- ☐ Sie als landwirtschaftlicher Berater
- ☐ Landwirtschaftsschulen
- ☐ Universitäten, Fachhochschulen

17. Inwieweit haben Sie einen Überblick über die verschiedenen Hersteller aus dem Bereich PF und deren Produktpalette. Bieten die Landtechnikhersteller Fortbildungsveranstaltungen gezielt für landwirtschaftliche Berater an?

- ☐ ja
- ☐ nein

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand im Rahmen des Teilprojektes „Akzeptanz des Precision Farming“ innerhalb des vom BMBF geförderten Forschungsverbundprojektes preagro II (2005 bis 2008). Für die finanzielle Förderung des Teilprojektes möchte ich mich an dieser Stelle beim BMBF bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Carsten Jürgens für die Überlassung des Themas und die Betreuung meiner Dissertation. Seine Hinweise und Anregungen, aber vor allem seine Förderung und geduldige Unterstützung während der Zeit der Promotion waren und bleiben für mich von unschätzbarem Wert. Für die Übernahme des Zweitgutachtens gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Frank Dickmann. Ebenso möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Bernhard Stöckhert für die Übernahme des fachfremden Gutachtens bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Geogr. Björn-Jan Schmidt, der durch seine Diskussionsbereitschaft, Geduld und moralischer Unterstützung sowie durch die Korrektur des Manuskriptes sehr zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat. Außerdem gilt mein Dank Frau Kerstin Schäfer, die mich während der gesamten Promotionsphase immer wieder motiviert und unterstützt hat. Vielen Dank Kerstin!

Bedanken möchte ich mich auch bei meinem Freund Michael Kaufmann und bei meinen Eltern für ihre Geduld und ständige Unterstützung während der Promotionsphase.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte Hilfen ausgeführt und verfasst habe. Es wurden keine weiteren als die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen benutzt. Sämtliche Textstellen, die ich wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen habe, sowie von anderen Personen bereitgestellte Materialien, habe ich als solche gekennzeichnet.

Ferner bestätige ich hiermit, dass die Arbeit in dieser oder ähnlicher Form noch bei keiner Fakultät oder einer anderen Hochschule eingereicht wurde.

Bochum, den 04.10.2010

Maike Reichardt

Lebenslauf

Name: Maike Reichardt
Geburtsdatum: 10. Januar 1976
Geburtsort: Schwerte

Berufstätigkeit

Seit 2005	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum
2003 -2005	Firma g.on experience Münster, Projektmitarbeit

Hochschulausbildung

2002 – 2003	Diplomarbeit: Bodenschäden durch Forstmaschinen – Erfassung von natürlichen Regenerationsprozessen auf einer befahrenen Waldfläche
1995 – 2002	Studium der Angewandten Physischen Geographie an der Universität Trier, Nebenfächer Bodenkunde und Ethnologie

Schul Ausbildung

1986 – 1995	Städtisches Ruhrtal-Gymnasium Schwerte
1982 – 1986	Albert-Schweitzer Grundschule Schwerte